تحمل دو ژنوتیپ گیاه دارویی همیشه بهار به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و گیاه کامل

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۱، صفحات ۵۶ – ۴۵
(بهار ۱۳۹۸)

آیلین حاجی‌پور فرد[۱]، داود صادق‌زاده اهری[۲]✉

۱ گروه گیاهان دارویی، ادویه‌ای و معطر، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۲ مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

✉ dsadeghzade@yahoo.com (**مسؤول مکاتبات**)

چکیده در این پژوهش اثر دو رقّت ۴ و ۸ گرم در لیتر کلرید سدیم بر دو ژنوتیپ کم‌پَر و پُرپَر گیاه دارویی همیشه بهار در مراحل جوانه‌زنی و گیاه کامل با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل بررسی شد. از نظر اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی، صفات مورفولوژیک رویشی، زایشی و فیزیولوژیک بین ژنوتیپ‌ها اختلاف وجود داشت. با افزایش غلظت کلرید سدیم به ۸ گرم در لیتر و در هر دو مرحله رشدی اغلب صفات کاهش یافتند. اثر متقابل ژنوتیپ در شوری فقط بر درصد جوانه‌زنی در مرحله گیاهچه‌ای و میزان کمبود رطوبت بافت برگی نسبت به حالت اشباع در مرحله گیاه کامل معنی‌دار بود. در مرحلهٔ گیاهچه‌ای رقم کم‌پَر و در مرحله گیاه کامل رقم پُرپَر در برابر تنش شوری متحمل‌تر بود. کشت رقم پُرپَر همیشه‌بهار در مناطقی با مشکل شوری آب تا ۴ گرم در لیتر کلرید سدیم امکان‌پذیر بوده و توصیه می‌شود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۳۰

واژه‌های کلیدی

- آب شور
- تحمل به تنش
- رقم پُرپَر
- کالاندولا
- کلرید سدیم

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.665003

مقدمه خشکی و شوری مهمترین تنش‌های غیر زیستی اقتصادی در کشاورزی می‌باشند که اثر منفی بر رشد و محصول‌دهی اغلب گیاهان دارند.[۵،۱۱] افزایش جمعیت جهان، روند کاهش منابع آب شیرین و شور شدن زمین‌های زراعی، بررسی و ارزیابی در زمینه گزینش گیاهان متحمل در شرایط نامناسب محیطی را ضروری ساخته است.[۱۶،۱۷]

کشور ایران در کمربند خشکی دنیا واقع شده و بیشتر مساحت آن را اقلیم‌های خشک و نیمه خشک و حدود ۱۲/۵٪ از آن را اراضی نمکی و شوره‌زارها دربرگرفته است و تنش‌های خشکی و شوری از مهم ترین عوامل محدود کنندهٔ رشد و پراکنش گیاهان در کشور محسوب می‌شوند.[۲،۱۲،۱۴،۲۱،۲۹] یون‌های سدیم و کلر معمولاً شایع‌ترین یون‌های موجود در خاک‌ها و آب‌های شور هستند.[۱۳،۳۶] گونه‌ها و ژنوتیپ‌های گیاهی مختلف نسبت به شدت و زمان بروز تنش شوری واکنش‌های متفاوتی در مرحله رشدی از خود نشان می‌دهند.[۲۲]

مرحله جوانه‌زنی بذر، از حساس‌ترین مراحل رشد گیاهی محسوب می‌گردد که به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر مراحل جوانه‌زنی بذر و رشد اولیهٔ گیاهچه، مراحل بحرانی جهت استقرار گیاه در شرایط شوری هستند.[۳۱] شوری در مرحله جوانه‌زنی گیاه باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد.[۳۱،۳۸] همچنین، طبق نظر پژوهشگران، تنش شوری بر صفات مورفولوژیک، بیوشیمیایی و فیزیولوژیک اغلب گیاهان زراعی و دارویی تأثیر منفی داشته و این امر موجب کاهش رشد و عملکرد می‌شود.[۷،۱۲،۲۰،۲۷،۳۱]

همیشه بهار[1] گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره مینا بوده و بومی منطقه مدیترانه و غرب آسیاست. در کشاورزی و طب سنتی این گیاه به عنوان زینتی و دارویی کاشته می‌شود. درمان بیماری‌های معده‌ای و روده‌ای، اثرات مثبت بر قاعدگی و کمک به ترشح صفرا از جمله موارد استفاده دارویی از گیاه همیشه بهار است. مواد شیمیایی و رنگ‌های استخراجی از گل‌های همیشه بهار برای تولید کرم‌های مداوا کننده زخم‌های پوستی و رنگ کردن مواد غذایی و چربی‌ها در صنایع غذایی کاربرد داشته و همچنین روغن حاصل از بذور آن خاصیت ضد تورمی دارد.[۲۰،۲۶،۳۰]

نتایج اغلب پژوهش‌ها در زمینه تحمل به تنش شوری نشان داده که در بین ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی از این لحاظ تنوع وجود دارد.[۱۲،۲۷،۳۱]

بررسی اثرات تنش شوری بر همیشه بهار و رازیانه نشان داده که با افزایش شدت شوری، صفات جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. همچنین همیشه بهار تحمل بالاتری نسبت به رازیانه در برابر تنش شوری نشان داد.[۳۴] گزارش شده است که سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر همیشه بهار با افزایش سطح شوری کاهش می‌یابد.[۸] همچنین گزارش شده که شوری بر تعداد گل در هر بوته و قطر گل همیشه بهار تأثیر گذاشته و باعث کاهش آن‌ها می‌شود.[۵]

در مطالعه‌ای گیاهان سی‌روزه همیشه‌بهار به مدت ۱ ماه با غلظت‌های مختلف کلرید سدیم ۵۰،۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول بر لیتر آبیاری شدند. تنش شوری سبب کاهش ارتفاع بوته و وزن‌تر گیاه گردید ولی محتوای نسبی آب در اندام‌های هوایی گیاه تحت تأثیر قرار نگرفت.[۲۰]

[1] *Calendula officinalis* L.

همیشه‌بهار دارای دو ژنوتیپ رایج کم‌پَر و پُرپَر می‌باشد ولی اغلب پژوهش‌های انجام شده تحت شرایط تنش اغلب ژنوتیپ کم‌پَر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این پژوهش تعیین تحمل دو رقم کم‌پَر و پُرپَر همیشه بهار در مراحل جوانه‌زنی و گیاه کامل بود.

مواد و روش‌ها این مطالعه در بهار و تابستان ۱۳۹۲ با دو آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی و محیط گلخانه انجام شد. دو ژنوتیپ همیشه بهار شامل ژنوتیپ کم‌پَر و پُرپَر به عنوان عامل اول و غلظت‌های مختلف کلرید سدیم شامل ۴ و ۸ گرم در لیتر در آب آبیاری به عنوان عامل دوم بودند. کلرید سدیم مورد استفاده در این پژوهش دارای درجهٔ خلوص ۹۹٪ و محصول شرکت مرک آلمان[1] بود.

بذر دو ژنوتیپ همیشه‌بهار تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید.

در بررسی تحت شرایط آزمایشگاهی، پس از ضدعفونی بذرها و ظروف آزمایشگاهی با هیپوکلریت سدیم (محلول۱۰٪ به مدت ۵ دقیقه) و همچنین اتوکلاو نمودن ظروف در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت، تعداد ۱۵ عدد بذر کاملاً سالم در پتری‌دیش و روی کاغذهای صافی کشت گردید. پتری‌دیش‌ها در اطاقک رشـد و در دمای ثابت (۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس) و دوره نوری ۱۲ ساعت شب و روز به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش و هر دو روز یک بار سطح محلول در ظروف کشت کنترل و ثابت نگهداشته شد. بعد از سپری شدن طول دوره آزمایش و در روز چهاردهم از صفات گیاهچه‌ای شامل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه بر ساقه‌چه، وزن‌تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، نسبت وزن خشک گیاهچه به وزن تر گیاهچه یادداشت‌برداری به‌عمل آمد.

برای بررسی واکنش ژنوتیپ‌های آزمایشی به تنش شوری در مرحله گیاه کامل در آزمایش گلخانه‌ای ابتدا در ته گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۰ × ۱۵ × ۳۰ سانتی‌متر به ضخامت ۲ سانتی‌متر شن درشت ریخته و وزن گلدان‌ها به‌وسیله ترازوی حساس دیجیتالی به دقت ۰/۱ گرم یادداشت گردید. سپس در هر گلدان ۳ کیلوگرم خاک ریخته و مجدداً وزن دقیق آن‌ها یادداشت گردید. قبل از کشت، تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی خاک توسط آزمایشگاه خاکشناسی واقع در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور انجام شد (جدول ۱). همچنین ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها به روش ثقل سنجی[2] تعیین شد.[۱]

پس از ضدعفونی به‌وسیلهٔ قارچ‌کش بنومیل با رقت ۲ در هزار در عمق ۳-۲ سانتی‌متری در هر گلدان پنج بذر سالم و تقریباً یکنواخت کشت شد. به‌منظور فراهم شدن امکان جذب آب اوّلیه توسط بذور، اقدام به آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی گردید. پس از اطمینان از سبز شدن بذور (۲ هفته بعد از کاشت) در هر گلدان ۳ عدد گیاهچه تقریباً همسان نگهداری شده و بقیه گیاهچه‌ها حذف شدند. عملیات آبیاری گلدان‌ها با دور ۷ روز و برحسب نوع تیمار تنش انجام شد. میزان آب مورد استفاده در هر بار آبیاری رساندن میزان رطوبت خاک گلدان‌ها تا ظرفیت زراعی بود.دمای گلخانه در روز برابر با ۲۵ درجه سلسیوس و در شب ۱۸ درجه سلسیوس بود. عملیات مراقبت از گلدان‌های آزمایشی تا مرحلهٔ رسیدن گیاه و تولید بذر ادامه یافته و از

[1] Merck, Germany

[2] Gravimetry

جدول ۱) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های آزمایشی

Table 1) Some physical and chemical characteristics of pots soil in experiment

pH	EC (mmhos/cm)	lime (%)	organic matter (%)	P (mg/kg)	N (%)	K (mg/kg)	sand (%)	silt (%)	clay (%)
7.96	0.20	0.63	2.25	28.0	0.28	292	35	49	16

صفات زراعی و مورفولوژیکی شامل قدرّت رشد بوته، تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدن، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ، مساحت برگ، تعداد گل، عملکرد بیوماس تر و خشک، عملکرد دانه و وزن هزاردانه و نیز برخی صفات فیزیولوژیکی شامل میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت برگی (پایداری غشاء سلولی)، محتوای نسبی آب برگ (میزان رطوبت نسبی بافت برگی، آماس نسبی برگ) و کمبود آب نسبت به حالت اشباع یادداشت برداری شد.

برای تعیین میزان نشت الکترولیت‌ها یا سنجش پایداری غشای سلولی[1] از بافت برگی در دو هفته پس از گلدهی پنج نمونه برگی به مساحت ۱ سانتی‌متر مربع از هر تیمار جمع‌آوری شده بعد از قرار دادن در کیسه‌های پلاستیکی تمیز، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از سه بار شستشوی نمونه‌های برگی با آب مقطر دی یونیزه، نمونه‌ها به ظروف تمیز انتقال یافته و در ۲۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه (EC=0.0006) غوطه‌ور گردیدند. پس از سپری شدن ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، ضریب هدایت الکتریکی محلول موجود در هر ظرف توسط هدایت سنج دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت تحت دمای ۷۵ درجه سلسیوس در خشک‌کن الکتریکی قرار داده شدند. بعد از سرد کردن نمونه‌ها تا حد دمای ۲۰ درجه سلسیوس اقدام به اندازه‌گیری مجدد ضریب هدایت الکتریکی آنها شده و میزان تراوش الکترولیت‌ها که شاخصی از تخریب غشای سلولی است محاسبه گردید.[۲،۱۰] به‌منظور اندازه‌گیری صفات محتوای آب نسبی برگ[2] و کمبود آب برگ نسبت به حالت اشباع[3]، ده برگ کاملاً توسعه یافته از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب شده و میزان این صفت محاسبه گردید.[۱،۱۰،۳۷]

پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌های حاصل از یادداشت‌برداری صفات، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. روش مقایسه میانگین‌ها آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ بود. مطابق روش مورد استفاده توسط سایر پژوهشگران و برای تشخیص تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌های آزمایشی به تنش شوری به ژنوتیپی که در مقایسات میانگین در کلاس a، ab و یا b قرار داشت به‌ترتیب رتبه ۱، ۱/۵ و ۲ تعلق گرفت. سپس میانگین مربوط رتبه‌های هر ژنوتیپ محاسبه و به‌عنوان رتبه نهایی آن ژنوتیپ در نظر گرفته شد.[۳۳،۱۸] بر اساس این روش داشتن رتبه کمتر نشانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط تنش است.

نتایج و بحث تفاوت بین ژنوتیپ‌های آزمایشی در مرحله گیاهچه‌ای از نظر تمامی صفات

[1] Cell membrane stability
[2] relative water content
[3] water saturation deficient

جدول ۲) تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های همیشه بهار تحت تأثیر غلظت‌های مختلف تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای

Table 2) Analysis of variance of marigold genotypes traits in different salt stress conditions at seedling stage

SOV	df	Mean of squares						
		germination percentage	stem length	root length	seedling fresh weight	seedling drought weight	stem length/root length	seedling fresh/dry weight
Replication	2	168.0 ns	1.450 ns	1.13 ns	302.7 ns	0.002 ns	0.072 ns	26.90 ns
Genotype(G)	1	5618.0 **	4.23 *	2.75 *	2616.1 **	0.142 **	0.001 ns	384.570 **
Salt stress(S)	2	2353.2 **	9.41 **	2.43 *	62.39 ns	0.002 ns	0.004 ns	440.270 **
G × S	2	370.50 **	0.201 ns	0.19 ns	1.06 ns	0.001 ns	0.032 ns	15.42 ns
Error	10	44.67	0.577	0.544	124.12	0.007	0.064	20.70
CV %	-	18.06	15.73	19.09	15.0	17.90	18.60	17.60

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪ ، ns غیرمعنی‌دار

* and ** significant at 5% and 1% probability level, respectively and ns= not significant

مورد بررسی به غیر از نسبت طول ریشه‌چه بر ساقه‌چه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). این امر حاکی از وجود تنوع ژنتیکی در پاسخ به تنش شوری در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی است. وجود تنوع ژنتیکی در پاسخ به تنش شوری در مطالعات سایر پژوهشگران و در گیاهانی مانند چاودار، گاوزبان و ماشک نیز گزارش شده است.[۱۲،۲۷،۳۱] بیشترین مقادیر صفات مورد مطالعه در مرحله گیاهچه‌ای مربوط به ژنوتیپ کم پَر بود (جدول۳).

پژوهشگران بیان داشتند که زیاد بودن نسبت وزن تر به وزن خشک گیاهچه نشان می‌دهد که در بافت‌های گیاهچه مقدار آب بیش‌تر از مقدار مادهٔ خشک(مواد حاصل از فتوسنتز) تجمع یافته است و یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، افزایش وزن خشک گیاهچه است. مقدار انباشت مواد خشک در اندام‌های گیاهی شاخصی از تحمل به تنش محسوب می‌شود.[۹،۲۴] بررسی نسبت وزن تر گیاهچه به وزن خشک آن در این پژوهش نشان داد که مقدار عددی محاسبه شده در مورد ژنوتیپ‌های کم پَر و پُر پَر به‌ترتیب برابر ۲۱ و ۳۰ بوده که نشان از انباشت بیشتر ماده خشک در ژنوتیپ کم پَر در این بررسی بود (جدول ۳).

سطوح مختلف تنش شوری بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت وزن تر به وزن خشک گیاهچه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). با افزایش غلظت کلرید سدیم در آب، تمامی صفات مورد مطالعه کاهش یافتند (جدول ۳). تاثیر منفی و بازدارنده تنش شوری بر صفات مختلف گیاهچه‌ای نظیر به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش بنیه بذر، کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه، همچنین کاهش تولید ماده خشک و بیوماس کل در مطالعات پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است.[۱۲،۲۷،۳۱]

اثر متقابل ژنوتیپ× تنش شوری فقط بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲). عدم معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ × تنش شوری بر صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه و نسبت وزن تر گیاهچه به وزن خشک و طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های همیشه بهار در سطوح مختلف تنش شوری وضعیت‌های تقریباً یکسانی داشته و نوسانات معنی‌داری در صفات گیاهچه‌ای آنها در اثر تغییرات سطوح تنش شوری حادث نگردید.

در مرحله گیاه کامل بین ژنوتیپ‌ها از نظر اغلب صفات مورد مطالعه به غیر از تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد

جدول ۳) اثر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه زنی دو ژنوتیپ گیاه همیشه بهار در شرایط آزمایشگاهی

Table 3) Salinity stress effect on germination indices of two marigold genotypes under laboratory condition

Factor	levels	traits means						
		germination percentage	stem length (cm)	root length (cm)	seedling fresh weight (g)	seedling drought weight (g)	stem length/root length	seedling fresh weight/seedling drought weight
Genotype	Sparse petal	55.0 a	5.4 a	4.0 a	86.2 a	0.38 a	1.2 a	21.0 a
	Compact petal	19.0 b	4.1 b	3.0 b	62.4 b	0.21 b	1.1 a	30.0 b
NaCl concentration (g/L)	0	54.0 a	6.1 a	4.60 a	80.1 a	0.40 a	0.9 a	20.0 ab
	4	42.0 b	4.7 b	3.60 b	77.3 a	0.37 ab	0.9 a	18.1 ab
	8	15.0 c	3.6 c	0.32 c	75.7 ab	0.35 ab	0.8 a	16.3 a

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with similar letter in each column have not significant difference at 5% of probability level (DMRT)

روز تا رسیدگی، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر ریشه، پایداری دیواره سلولی و وزن هزار دانه تفاوت‌های آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴).

در مورد صفات مساحت برگ، میزان کمبود آب در بافت برگ نسبت به حالت اشباع، وزن خشک ریشه و عملکرد دانه ژنوتیپ کم پَر در مقایسه با ژنوتیپ پُرپَر از میانگین‌های بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). با توجه به ماهیت و نحوه محاسبه صفت کمبود آب در بافت برگ نسبت به حالت اشباع، هر چقدر مقدار آن بیشتر باشد نشان می‌دهد که گیاه در اثر تنش آب زیادی از دست داده و بر این اساس واریته کم پَر کمبود آب بیش‌تری در مرحلهٔ گیاه کامل داشت. یعنی رقم کم پَر در مواجهه با تنش شوری مقدار آب کمتری در بافت برگی خود داشته و بیش‌تر از رقم پُرپَر تحت تأثیر منفی تنش شوری قرار گرفت.

ثابت شده است که در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های متحمل عموماً دارای میزان آب نسبی برگ بیشتر و میزان آب نسبی از دست رفته کمتری می‌باشند.[۱۰]

با افزایش غلظت شوری در مرحله گیاه کامل، اغلب صفات مورد مطالعه کاهش یافتند (جدول ۵). نتایج مطالعات سایر پژوهشگران نیز نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری ارتفاع گیاه همیشه‌بهار کاهش می‌یابد.[۲۰] همچنین گزارش شده است که تعداد و سطح برگ در ذرّت، سورگوم، جو و گندم تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفته و تیمار شاهد از نظر تعداد و سطح برگ نسبت به تیمار تنش شدید برتری داشت.[۷،۳۵]

با افزایش شدت تنش شوری در این پژوهش، زمان گلدهی گیاه همیشه‌بهار با تأخیر مواجه شد (جدول ۵). بررسی‌های انجام شده در ذرّت نشان داد که بروز تنش شوری سرعت رشد گیاه را کاهش داده و ظهور گل‌های نر و ماده را به تأخیر می‌اندازد.[۷،۳۵] همچنین با افزایش شدت تنش شوری، تعداد و مساحت برگ کاهش یافت (جدول ۵). کاهش سطوح فتوسنتز کننده در مطالعات مشابه و در گیاهانی نظیر سیاه دانه، اسفرزه، زیره سبز، گندم و جو نیز گزارش شده است.[۳۲]

افزایش شدت تنش شوری در این مطالعه باعث ۷۷٪ کاهش وزن تر ریشه و ۳۲٪ کاهش وزن خشک ریشه در گیاه بالغ گردید (جدول ۵).

ثابت شده است که بروز تنش شوری موجب تاثیر بر بیوماس خشک ریشه شده و باعث کاهش آن می‌شود. در بیشتر گیاهان، شوری باعث کاهش رشد ریشه، اندام هوایی، نسبت ریشه به شاخ و برگ و وزن خشک گیاه می‌گردد[۲۳،۳] که با نتایج این مطالعه همخوانی داشته و آنرا تأیید می‌کند.

از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده تجمع ماده خشک در اندام‌های گیاهی به دلیل اهمّیت اقتصادی بیشتر به عنوان یک عامل تعیین کننده محسوب می‌شود.[۲۵] نتایج تحقیقات نشان داده است که شوری بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر می‌گذارد و موجب کاهش تولید ماده خشک می‌گردد.[۳۱] گزارشاتی مبنی بر کاهش وزن تر و خشک ریشه و ساقه در گیاهان مختلف نظیر گندم[۲۸]، ذرّت[۷] ،آتریپلکس[۱۹]، گاو زبان[۲۳]، ماشک[۱۲] و همیشه بهار[۲۰] وجود دارد. در این مطالعه نیز بروز تنش شوری موجب کاهش دو صفت مذکور شد که با نتایج گزارشات مذکور همخوانی دارد.

به نظر می‌رسد چون در مرحلهٔ رسیدگی کامل اغلب سلول‌های گیاه در آستانه مرحلهٔ پیری و مرگ قرار دارند، میزان آسیب وارده به غشای سلول‌ها غیر قابل ارزیابی بوده و به همین دلیل اختلاف آماری معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نگردید (جدول ۴). با افزایش شدت تنش شوری عملکرد دانه و وزن هزار دانه همیشه بهار کاهش یافت (جدول ۵) که مطابق با نتایج پژوهشگران دیگر است.[۳۵] گیاه باید برای به دست آوردن آب، مواد غذایی و در نهایت رشد، گلدهی و تولید عملکرد انرژی صرف کند. معلوم شده است وقتی که شوری خاک به بیش از تحمل گیاه برسد، کاهش رشد رخ می‌دهد. زمانی که غلظت نمک افزایش می‌یابد، جذب آب برای گیاه به طور فزاینده دشوار می‌شود.[۶] به بیان دیگر شوری آب یا خاک باعث ایجاد تنش اسمزی، کاهش آب قابل دسترس و تغییر در تعادل یونی سلول‌ها و در نهایت کاهش اغلب صفات زراعی و عملکرد دانه می‌گردد.[۳۱،۳۸]

در سازگاری یا تحمل گیاه به یک تنش محیطی نظیر شوری علاوه بر عملکرد دانه یا بیوماس مجموعه‌ای از صفات مختلف زراعی دخالت دارند.[۱۸،۳۳] بنابر این در پژوهش حاضر برای تعیین ژنوتیپ متحمل به تنش شوری از روش رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس کلیه صفات مورد بررسی در مراحل جوانه‌زنی و گیاه کامل استفاده شد. میانگین رتبه ژنوتیپ‌های کم پَر و پُر پَر در مرحله جوانه‌زنی به‌ترتیب برابر ۱ و ۱/۹ بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ کم پَر در مقایسه با ژنوتیپ پُر پَر از تحمل بهتری برخوردار بود. در مجموع، در مرحله گیاه کامل ژنوتیپ پُر پَر با میانگین رتبه ۱/۲ در مقایسه با ژنوتیپ کم پَر با میانگین رتبه ۱/۳ از تحمل بهتری برخوردار بود. یعنی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه از نظر تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی و گیاه کامل تفاوت وجود داشت.

به نظر پژوهشگران برای اغلب گیاهان یک‌ساله حساسیت به شوری غالباً از یک مرحلهٔ رشد به مرحلهٔ بعدی تغییر می‌کند. اگر چه شوری می‌تواند مرحلهٔ جوانه‌زنی را به تأخیر اندازد، ولی اکثر گیاهانی که در طی جوانه‌زنی مقاوم‌اند، در مرحلهٔ گیاهچه‌ای تحمل کمتر ولی در مراحل رشد بعدی تحمل بیشتری دارند.[۱۳،۲۰] همچنین پاسخ گیاهان به تنش شوری با توجه به مرحلهٔ رشد آنها، توسعه و سن گیاه متفـــاوت است.[۱۵،۳۲] که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان بر اساس نوع و هدف تولید این گیاه برای استفاده در فضاهای سبز شهری و یا مصارف دارویی مورد استفاده قرار داد.

جدول ۴) تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های همیشه بهار تحت تأثیر غلظت‌های مختلف تنش شوری در مرحله گیاه کامل

Table 4) Analysis of variance of studied traits of marigold genotypes in different salt stress condition at adult stage

Source of variation	df	Mean of squares							
		growth vigor	plant height	branch number	leaf number	days to flowering	days to maturity	root fresh weight	stem fresh weight
Replication	2	5.44 ns	0.85 ns	0.39 ns	18.69 ns	44.7 ns	31.72 ns	3.47 ns	27.86 ns
Genotype(G)	1	15.76 *	81.66 *	9.39 ns	1200.5 *	117.6 *	0.001 ns	0.39 ns	11.22 ns
Salt stress(S)	2	30.34 **	155.87 **	23.72 **	6371.7 **	172.7 **	329.39 ns	37.0 **	157.3 **
G × S	2	7.87 ns	18.79 ns	0.39 ns	72.17 ns	11.60 ns	215.17 ns	1.75 ns	18.92 ns
Error	10	2.07	11.69	1.92	126.6	19.67	78.46	1.17	14.44
CV (%)	-	17.5	9.0	20.6	12.3	5.8	6.5	16.9	15.7

Table 4 continued **ادامه جدول ۴**

Source of variation	df	Mean of squares							
		leaf area	water saturation deficient	relative water content	cell membrane stability	stem drought weight	root drought weight	1000 kernel weight	grain yield
Replication	2	3.65 ns	203.4 ns	203.4 ns	0.02 ns	0.47 ns	0.14 *	17.7 ns	0.16 *
Genotype(G)	1	241.6 **	645.6 **	645.6 *	0.01 ns	0.88 ns	0.27 *	4.60 ns	2.28 **
Salt stress(S)	2	15.23 ns	121.4 ns	121.4 **	0.006 ns	14.95 **	0.54 **	34.21 *	0.42 **
G × S	2	5.90 ns	272.7 *	272.7 ns	0.011 ns	0.44 ns	0.17 *	4.60 ns	0.05 ns
Error	10	12.73	52.3	52.3	0.03	0.98	0.03	4.67	0.03
CV (%)	-	19.5	16.5	13.3	20.4	14.8	11.2	18.0	15.2

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪ ، ns غیر معنی‌دار

* and ** significant at 5% and 1% probability level, respectively and ns= not significant

جدول ۵) اثر تنش شوری بر صفات مورد مطالعه دو ژنوتیپ همیشه بهار در مرحله گیاه کامل

Table 5) Salinity stress effect on studied traits of two marigold genotypes at adult stage

Factor		Traits means							
		growth vigor	plant height	branch number	leaf number	days to flowering	days to maturity	root fresh weight	stem fresh weight
Genotype	Sparse petal	4.3 b*	16.0 b	7 a	84 b	73 a	135 a	3.9 a	14 a
	Compact petal	6.2 a	20.0 a	6 a	100 a	79 a	135 a	4.2 a	16 a
NaCl concentration (g/L)	0	7.5 a	23.5 a	8 a	122 a	72 ab	139 a	6.5 a	19.6 a
	4	5.2 b	16.7 b	7 a	96 b	74 b	135 a	4.0 b	15.4 a
	8	3.0 c	13.6 b	4 b	57 c	82 a	133 ab	1.5 c	9.4 b

Table 5 continued **ادامه جدول ۵**

Factor		Traits means							
		leaf area	water saturation deficient	relative water content	cell membrane stability	stem drought weight	root drought weight	1000 kernel weight	grain yield
Genotype	Sparse petal	42.0 a	51.0 b	49.0 b	0.84 a	3.9 a	1.8 a	7.2 a	1 a
	Compact petal	35.1 b	39.0 a	61.0 a	0.79 a	4.2 a	1.5 b	8.2 a	0.7 b
NaCl concentration (g/L)	0	44.9 a	23.7 b	76.3 ab	0.85 a	5.3 a	1.9 a	10.1 a	2.9 a
	4	38.8 ab	16.5 b	83.5 ab	0.89 a	4.5 a	1.7 b	7.8 b	1.8 b
	8	37.1 ab	13.4 a	86.6 a	0.89 a	2.2 b	1.3 c	5.3 bc	0.6 c

* میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with similar letter in each column have not significant difference at 5% of probability level (DMRT)

به عنوان مثال در مناطقی که شوری آب وجود دارد می‌توان از ژنوتیپ کم پَر برای تولید نشای این گیاه استفاده نمود ولی به دلیل حساسیت بیشتر واریته پُرپَر در مرحله گیاهچه‌ای در برابر تنش شوری، تولید نشای گلدانی آن در چنین مناطقی توصیه نمی‌شود. همچنین به دلیل تحمل بیشتر واریته پُرپَر در مرحله گیاه کامل در برابر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم، امکان کاشت، پرورش و تولید آن برای مصارف دارویی و زیبایی منظر در اراضی دارای آب شور با وجود کلریدسدیم در آب آبیاری تا حدود ۴ گرم در لیتر امکان پذیر است.

نتیجه‌گیری کلی وجود تفاوت بین ژنوتیپ‌های کم‌پَر و پُرپَر در پاسخ به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و گیاه کامل در این مطالعه نشان داد که تنوع ژنتیکی مناسبی برای تحمل به تنش شوری در گیاه همیشه‌بهار وجود دارد. همچنین علاوه بر عملکرد دانه، اغلب صفات مورد بررسی در این پژوهش تحت تأثیر منفی تنش شوری قرار گرفته و کاهش می‌یابند.

سپاسگزاری به دلیل اجرای بخش آزمایشگاهی این پژوهش در دانشگاه پیام نور مراغه، لازم است از همکاری و مساعدت مهندس سیمین‌دخت زینالی و دکتر علی باغبان سپاسگزاری گردد.

References

1. Alizadeh A (2006) Soil, Water, and Plant Relationships. Imam Reza University Publications: Mashhad. Iran [in Persian]
2. Askarian M (2004) The effects of salinity and dryness on germination and seedling establishment in *Elymus junceus* and *Kochia prostrata*. Pajouhesh va Sazandegi 17(64): 71-78. [in Persian with English abstract]
3. Azevedo Neto AD, Prisco JT, Enéas-Filho J, Lacerda CF, Silva JV, Costa PHA, Filho EG (2004) Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. Brazilian Journal of Plant Physiology 16(1): 31-38.
4. Bartels D, Sunkar R (2005) Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24(1): 23-58.
5. Bayat H, Alirezaie M, Neamati H (2012) Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8(1): 258-267.
6. Blaylock AD (1994) Soil Salinity, Salt Tolerance, and Growth Potential of Horticultural and Landscape Plants. Cooperative Extension Service, Department of Plant, Soil, and Insect Sciences, College of Agriculture, University of Wyoming: Laramie.
7. Dehghan E, Naderi A (2007) Evaluation of salt tolerance in three varieties of corn. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11(41): 275-284. [in Persian with English abstract]
8. Eskandari Torbaghan M (2012) Effect of salt stress on germination and some growth parameters of marigold (*Calendula officinalis* L.). Plant Science Journal 1(1): 7-19.
9. Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA (2009) Plant Drought Stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Agriculture 29(1) 185-212.
10. Farshadfar E, Moradi F, Mohammadi R (2013) Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance using agro-physiological traits. Iranian Journal of Dryland Agriculture. 1(3): 65-85. [in Persian with English abstract]
11. Fathi A, Barari Tari D (2016) Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10(1): 1- 6.

12. Gholami P, Ghorbani J, Ghaderi SH (2011) The effect of different levels of salinity and drought on seed germination characteristics of *Secale monatum* in early growth stages. Plant Ecophysiology 3(8): 78-88. [in Persian with English abstract]
13. Hasheminia M (2004) Water Management in Agriculture. Ferdowsi University Publication: Mashhad. [in Persian]
14. Hussain MI, Lyra DA, Farooq M, Nikoloudakis N, Khalid N (2016) Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy and Sustainable Development 36(4): 1-34.
15. Janbaz M, Gholipour A, Jahanbakhsh S (2011) Effect of wheat seed priming on leaf proteins changes under salt stress. Proceedings of the 2nd National Seed Technology Conference. Islamic Azad University – Mashhad Branch, Iran. [in Persian]
16. Jenks MA, Hasegawa PM (2005) Plant Abiotic Stress. Blackwell Publishing Ltd: New Jersey 2nd Edition.
17. Joshi R, Pareek SL, Pareek A (2018) Engineering abiotic stress response in plants for biomass production. Journal of Biological Chemistry 293(14): 5035-5043.
18. Kafi Falavarjani M, Nezami A, Hosseini H, and Masoumi A (2005) Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 69-80. [in Persian with English abstract]
19. Karimi G, Ghorbanli M, Heidari H, Assareh M (2007) Investigation of salt tolerance mechanisms in range species of *Atriplex verrucifera* (M.B). Pajouhesh and Sazandegi. 19(3): 42-48. [in Persian with English abstract]
20. Kozminska A, Al Hassan M, Kumar D, Oprica L, Martinelli F, Grigore MN, Vicente O, Boscaiu M (2017) Characterizing the effects of salt stress in *Calendula officinalis* L. Journal of Applied Botany and Food Quality 90(40): 323–329.
21. Kumar D (2006) Breeding for drought resistance. In: Ashraf M, and Harris PJC (eds.). Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. International Book Distributing Co. India 145-175.
22. Kusvuran S (2012) Influence of drought stress on growth, ion accumulation and antioxidative enzymes in okra genotypes. International Journal of Agriculture and Biology 14(3): 401- 406.
23. Makkizadeh Tafti M, Tavakol Afshari R, Majnoon Hosseini N, Naghdi Badi HA (2008) Evaluation of salinity tolerance and absorption of salt by Borage (*Borago officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(3): 253-262. [in Persian with English abstract]
24. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25(2): 239–250.
25. Navabpour S, Latifi N, Hosseini SH, Kazemi G (2011) Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat. Journal of Crop Production 4(3): 157-173. [in Persian with English abstract]
26. Omidbeigi R (1997) Approaches for production and process of medicinal plants. Vol.: 2. Tarahane Nashr Publication. Tehran. [in Persian]
27. Othman Y, Al-Karaki G, Al-Tawaha AR, Al-Horani A (2006) Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. World Journal of Agricultural Sciences 2 (1): 11-15.
28. Poustini K, Zehtab salmasi S (1997) Effect of salinity on dry matter production and remobilization in two wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 4(29): 11-16. [in Persian with English abstract]
29. Rahmani N, Daneshian J, Aliabadi Farahani H, Taherkhani T (2011) Evaluation of nitrogenous fertilizer influence on oil variations of Calendula (*Calendula officinalis* L.) under drought stress conditions. Journal of Medicinal Plants Research 5(5): 696-701.
30. Rahmani N, Valadabadi SA, Daneshian j, Bigdeli M (2008) The effect of water deficit and nitrogen on oil yield of *Calendula officinalis* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 101-108. [in Persian with English abstract]
31. Ramezani E, Ghajar Sepanlou M, Naghdi Badi HA (2011) Evaluation of potential germination of echium seeds (*Echium amoenum* Fisch. & Mey) in saline conditions. Watershed Management Research 24(2)1: 80-87. [in Persian with English abstract]

32. Safarnejad A, Hamidi H (2008) Study of morphological characters of *Foeniculum vulgare* under salt stress. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 16(1): 125-140. [in Persian with English abstract]
33. Sarmadnia GH, Tavakoli H, and Ghorbani A (1988) Study on drought tolerance of different wheat landraces in germination stage. Proceedings and the Results of the first Conference on Investigating Rainfed Issues in Iran. Mashhad, Iran. [in Persian]
34. Sedghi M, Nemati A, Esmaielpour B (2010) Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. Emirates Journal of Food and Agriculture 22(2): 130-139.
35. Shamsoddin S, and Farahbakhsh H (2009) The Effect of salinity on yield and some agronomical and physiological traits of two maize (*Zea mays* L.) cultivars in Kerman. Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture) 32(1): 13-25. [in Persian with English abstract]
36. Shanon MC (2001) Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In: Staples RC, Toenniessen GH. (eds) Salinity Tolerance in Plants. John Wiley and Sons: New York 231-254.
37. Shariat A, Assareh MH (2008) Effects of drought stress on pigments, prolin, soluble sugar and growth parameters on four eucalyptus species. Pajouhesh and Sazandegi 21(1): 139-148. [in Persian with English abstract]
38. Talebi S, Jafarpour M, Mohammadkhani A, Gholparvar A (2000) Effect of salt stress on seed germination traits of borage (*Borago officinalis*). Proceedings of the 5th National Conference on New Ideas in Agriculture. Ilam, Iran. [in Persian with English abstract]

Salinity tolerance of two marigold genotypes to salt stress at germination and adult stages

Agroecology Journal

Vol. 15, No. 1 (45-56)
(spring 2019)

Aylin Hajipour Fard[1]✉, Davoud Sadeghzadeh-Ahari[2]

1 Department of Spices, Aromatic and Medicinal plants , Miyaneh Islamic Azad University, Miyaneh, Iran

2 Dry land Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran ✉ dsadeghzade@yahoo.com **(corresponding author)**

Received: 03 November 2018 **Accepted:** 20 May 2019

Abstract In this study, the effect of two sodium chloride concentrations of 4 and 8 g/L on two marigold sparse petal and compact petal genotypes evaluated at germination and adult stages using factorial experiment based on randomized complete block design. There were differences between genotypes in some germination indices, vegetative and reproductive morphological and physiological traits. Some traits were reduced by increasing sodium chloride concentration to 8 g/L in both growing stages. Interactional effects of salt × genotype were significant on germination percentage and leaf water saturation deficient at seedling and adult stages, respectively. Sparse petal and compact petal genotypes were more tolerant to salinity in seedling and adult stages, respectively. Therefore, cultivation of compact petal marigold genotype in areas with water salinity problem up to 4 g/L NaCl is suitable and advisable.

Keywords

- *Calendula officinalis*
- compact petal
- saline water
- sodium chloride
- stress tolerance

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2019.665003