به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۹۰۹-۸۹۳

ارزیابی تحمل به شوری ارقام تجاری فلفل گلخانه‌ای در مرحلهٔ گیاهچه‌ای

محمدرضا زارع بوانی[۱]، غلامعلی پیوست[۲]*، محمود قاسم‌نژاد[۳]، اکبر فرقانی[۴]

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۴. استادیار گروه خاکشناسی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۱۴

چکیده

به‌منظور مقایسهٔ ارقام مختلف فلفل از نظر تحمل به شوری در مرحلهٔ گیاهچه و شناسایی شاخص مناسب برای ارزیابی تحمل به شوری فلفل در این دوره، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سیستم هیدروپونیک در سال ۱۳۹۲ در محل گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به اجرا در آمد. دو سطح شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، عامل اول و ۲۶ رقم فلفل، عامل دوم درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بین ارقام از لحاظ همهٔ شاخص‌های مطالعه‌شده اختلاف معناداری وجود داشت. تنش شوری سبب کاهش همهٔ شاخص‌ها به‌جز درصد مادهٔ خشک کل و مقدار سدیم شاخساره شد. افزایش سدیم با کاهش مقدار پتاسیم، کلسیم و شاخص‌های رشدی همراه بود. نتایج نشان داد که مقدار سدیم با شاخص‌های رشدی، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم در همهٔ ارقام همبستگی منفی و معناداری داشت. در مجموع از بین ارقام بررسی‌شده، ارقام 'پارامو'، 'افستس' و 'اسپادی'، متحمل‌ترین ارقام فلفل شناخته شدند. براساس نتایج، شاخص‌هایی نظیر مقدار سدیم شاخساره و شاخص تحمل به تنش می‌توانند در غربال‌گری ارقام متحمل به تنش شوری در فلفل به‌کار روند.

کلیدواژه‌ها: پتاسیم، تنش شوری، سدیم، شاخص تحمل به تنش، کلسیم.

* نویسنده مسئول Email: gholamalipeyvast2010@gmail.com

۱. مقدمه

تنش شوری به‌عنوان یک عامل اصلی محدودکنندهٔ محیطی، رشد، و فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۸]. براساس نتایج دیگر مطالعات، سطح کل خاک‌های شور در ایران حدود ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده شده است که شامل ۱۵ درصد سطح کل ایران، ۳۰ درصد دشت‌ها و ۵۰ درصد اراضی کشت آبی است [۲]. نبود آب با کیفیت مناسب در تولید محصولات گلخانه‌ای نیز می‌تواند محدودکننده باشد. در بسیاری از مناطق کشت‌های گلخانه‌ای در جهان، عدم دسترسی به آب با کیفیت مناسب، موجب شده که تولیدکنندگان به استفاده از آب‌های نسبتاً شور زیرزمینی اقدام کنند که سبب کاهش شدیدتر رشد و عملکرد محصولات می‌شود [۱۶]. بنابراین، دستیابی به ارقام متحمل به شوری که دارای عملکرد بیشتری در شرایط تنش باشند، یکی از راهکارهای مقابله با این تنش به‌شمار می‌رود [۲].

گیاه فلفل[1] یکی از مهم‌ترین گیاهان خانوادهٔ سیب‌زمینی‌سانان در جهان است و با هدایت الکتریکی بحرانی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر در گروه گیاهان حساس به شوری قرار دارد [۲۵ ، ۹]. شوری موجب کاهش رشد و عملکرد، کاهش ثبات غشای سلولی، فعالیت کانال‌های آب در غشا، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، تعادل یونی، محتوای نسبی آب برگ و مقدار کلروفیل در گیاه می‌شود [۳۰، ۱۶، ۱۴ ،۴]. آزمایشی بر روی ارقام مختلف فلفل در شوری بالا (۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) نشان داد که تنش شوری مقدار سدیم را افزایش، و پتاسیم، کلسیم و وزن خشک تولیدی را کاهش داد. همچنین کاهش مقدار سدیم و افزایش نسبت پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در شاخسارهٔ گیاه فلفل با تحمل به شوری در ارقام انتخابی همبستگی داشت و پیشنهاد شد که این شاخص‌ها می‌توانند معیاری برای تفکیک ارقام مختلف فلفل در تحمل به شوری باشند، ولی آسیب‌های برگی (رنگ‌پریدگی و خشکیدگی) معیار خیلی مناسبی برای گزینش در ارقام فلفل نیست [۴]. شوری سبب کاهش شاخص‌های رشدی در گیاه فلفل شد و ارقام مختلف از نظر شاخص تحمل به شوری اختلاف داشتند [۳۰]. تنش شوری در گیاه فلفل سبب کاهش شاخص نسبی رشد و وزن خشک شد و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم با افزایش شوری کاهش بیشتری نشان داد و رقم متحمل‌تر به شوری، شاخص رشدی بهتری داشت [۱۵].

به‌طور کلی، گیاه فلفل در مرحلهٔ رشد رویشی به تنش شوری حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر است و مرحلهٔ گیاهچه‌ای حساس‌ترین مرحله به شوری است [۳۰]. مقایسهٔ پاسخ ارقام مختلف یک گونهٔ گیاهی به تنش شوری ابزار مفیدی برای پی بردن به سازوکارهای دخیل در تحمل به شوری است. همچنین غربال‌سازی ارقام متحمل‌تر به شوری در کشت می‌تواند تأثیرات تنش را کاهش و مقدار تولید را افزایش دهد [۱۴]. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، مقایسهٔ ارقام مختلف فلفل از نظر تحمل به شوری در مرحلهٔ گیاهچه و شناسایی شاخص مناسب برای ارزیابی تحمل به شوری فلفل در این دوره است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین میزان تحمل به شوری در ارقام مختلف فلفل تجاری گلخانه‌ای، برای انتخاب ارقام متحمل‌تر به شوری، در سال ۱۳۹۲ در محل گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عامل اول سطح شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و عامل دوم شامل ۲۶ رقم فلفل گلخانه‌ای (به‌ترتیب ۸ رقم اول از شرکت بذر فلات ایران، ۱ رقم از شرکت سین جنتا[2] (استرالیا) و ۱۷ رقم دیگر از شرکت مواد زراعی) بود (جدول ۱).

1. *Capsicum annuum* L.

2. syngenta

جدول ۱. اسامی ارقام فلفل گلخانه‌ای مورد مطالعه در ارزیابی تحمل به شوری

شماره	نام رقم	شرکت	شماره	نام رقم	شرکت
۱	Ethem	Petoseed	۱۴	Exp. 10	Vilmorin
۲	Dulce	Petoseed	۱۵	Tyson	Vilmorin
۳	Shanghai	Petoseed	۱۶	Daytona	Nunhems
۴	Luzon	Bruinsma	۱۷	Magic	Axia
۵	PaxRGH	Bruinsma	۱۸	Defender	Nunhems
۶	Paramo	Bruinsma	۱۹	Figaro	Vilmorin
۷	Lorca F1	Bruinsma	۲۰	Radin	Axia
۸	Mentor	Bruinsma	۲۱	ACX 248	ABBOT and COBB
۹	Snooker	syngenta	۲۲	Maral	Axia
۱۰	Efests	Nunhems	۲۳	Wanado	Axia
۱۱	Semerkand	Nunhems	۲۴	Octavio	Vilmorin
۱۲	SPADI	Vilmorin	۲۵	Sereno	Vilmorin
۱۳	ACX 270	ABBOT and COBB	۲۶	Exp. 4	Vilmorin

همهٔ بذور در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۱۲ روز در پرلیت (اندازهٔ ذرات ۲ میلی‌متر) در اتاقک رشد سبز شدند و سپس دانهال‌های سبزشده به ظروف پلاستیکی با ظرفیت ۱۵ لیتر و حاوی محلول غذایی [۴] هوادهی‌شده شامل: ۲ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2$، ۰/۸۸ میلی‌مولار K_2SO_4، ۱ میلی‌مولار $MgSO_4$، ۰/۲۵ میلی‌مولار KH_2PO_4، ۱۰ میکرومولار H_3BO_3، ۰/۵ میکرومولار $MnSO_4$، ۱ میکرومولار $ZnSO_4$، ۱۰۰ میکرومولار Fe EDTA، ۰/۲ میکرومولار $CuSO_4$ و ۰/۰۲میکرومولار $(NH)_6Mo_7O_{24}$ منتقل شدند. به‌منظور جلوگیری از تغییرات شدید EC و pH، هر سه روز یک‌بار محلول‌های غذایی تعویض شدند. گیاهچه‌ها در محلول غذایی تا مرحلهٔ شش تا هفت برگ حقیقی (۱۴ روز پس از انتقال به محلول غذایی) پرورش یافتند. پس از آن تیمار شوری با اضافه کردن کلرید سدیم به مقدار ۲۵ میلی‌مولار در هر ۱۲ ساعت تا رسیدن به غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (EC ≈۱۰/۹ dS/m در $25^{\circ}C$)، برای تمام ارقام به مدت ۱۰ روز اعمال شد. سپس گیاهچه‌ها برداشت و اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط انجام گرفت [۴]. در پایان روز ۲۸ از انتقال به محلول غذایی، چهار گیاهچه از هر رقم در هر تکرار، برداشت و شاخص‌های طول ریشه، ارتفاع شاخساره، تعداد برگ، وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن تر برگ و وزن تر کل اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در پاکت‌های جداگانه برای خشک شدن، به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجهٔ سلسیوس قرار داده شدند و پس از آن وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، نسبت شاخساره به ریشه، وزن خشک کل و محتوای مادهٔ خشک کل گیاه اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس برای شاخص‌های بررسی‌شده در ۲۶ رقم فلفل گلخانه‌ای

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات												
		تعداد	طول	ارتفاع	وزن تر	وزن تر	وزن تر	وزن خشک	وزن خشک	وزن خشک	درصد مادهٔ		شاخص‌اره/ ریشه	
		برگ	ریشه	بوته	ریشه	ساقه	برگ	ریشه	ساقه	برگ	کل	خشک		
بلوک	۲	۸/۳۵**	۵۴۱/۰۸**	۰/۴۷^{ns}	۰/۷۵**	۷/۹۱**	۳/۶۱**	۰/۰۱**	۱۲/۷۰**	۰/۱۳**	۰/۰۲*	۰/۲۰**	۰/۰۲^{ns}	۱/۲۷**
رقم	۲۵	۳/۵۲**	۵۴/۳۴**	۳۷/۱۶**	۳/۳۲**	۱۱/۵۴**	۱۱/۵۴**	۰/۰۶**	۷۲/۸۰**	۰/۱۶**	۰/۱۱**	۰/۹۷**	۰/۱۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}
شوری	۱	۱۰۶/۶۷**	۱۱۳۹/۷۸**	۱۰۷۲/۳۱**	۴۷/۷۴**	۵۰۹/۰۱**	۳۵۰/۶۱**	۰/۱۹**	۲۲۸۶/۹۷**	۲/۲۹**	۰/۸۲**	۸/۱۳**	۳۱۸/۹۸**	۳/۱۱**
رقم × شوری	۲۵	۰/۷۲^{ns}	۲۱/۷۹**	۱۰/۳۷**	۰/۲۹**	۲/۰۳**	۱/۲۲**	۰/۰۱**	۸/۴۹**	۰/۰۲**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۸**	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۷^{ns}
خطا	۱۰۲	۰/۴۹	۳/۲۰	۳/۷۷	۰/۰۶۸	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۰۰	۱/۴۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۰
CV	–	۵/۶۸	۷/۱۲	۱۰/۲۷	۸/۲۹	۱۱/۷۳	۱۲/۱۴	۹/۴۹	۷/۷۷	۱۲/۶۶	۱۲/۷۳	۸/۶۱	۲/۵۴	۹/۵۷
CVg	–	۸/۱۷	۱۶/۴۴	۱۷/۶۴	۳۳/۰۷	۳۱/۴۸	۳۱/۰۱	۳۳/۴۸	۳۱/۶۵	۳۳/۷۳	۳۱/۲۹	۳۲/۰۸	۰/۷۲	۰/۷۴
CVp	–	۹/۹۵	۱۷/۹۱	۲۰/۴۱	۳۴/۰۹	۳۳/۵۹	۳۳/۳۰	۳۴/۷۸	۳۲/۵۹	۳۴/۱۸	۳۳/۸۲	۳۳/۲۲	۲/۶۴	۹/۶۱

ns، * و ***: به‌ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامهٔ جدول ۲

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات											
		میزان نسبی رشد		سدیم		پتاسیم		کلسیم		پتاسیم/سدیم		کلسیم/سدیم	شاخص تحمل
		ریشه		ریشه	شاخساره	ریشه	شاخساره	ریشه	شاخساره	ریشه	شاخساره	شاخساره	به تنش
بلوک	۲	۰/۰۰**		۱۳۳/۱۶**	۸۵/۶۵**	۱۳۷/۴۵**	۵۷۱/۴۵**	۰/۶۱**	۱۶/۳۲**	۱۴۸/۲۱**	۰/۰۰ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۵**
رقم	۲۵	۰/۰۰**		۳۱/۰۴**	۹۱/۷۰**	۴۹/۸۰**	۶۲/۵۰**	۰/۱۹**	۳/۴۳**	۲۱/۵۴**	۰/۰۶**	۲۰/۳۴**	۰/۱۶**
شوری	۱	۰/۰۳**		۴۶۷/۸۷/۷۵**	۲۹۰۰۴/۰۱**	۱۴۷۴۵/۵۹**	۷۶۵۷/۱۸**	۱/۸۶**	۲۳۷/۰۳**	۲۱۹۵۴/۶۵**	۳۷/۴۸**	۱۹۲۷۹/۷۰**	۲۵/۳۳**
رقم × شوری	۲۵	۰/۰۰ ns		۳۳/۰۸**	۹۳/۴۲**	۳۵/۱۴**	۳۴/۶۳*	۰/۱۱**	۱/۳۱**	۲۲/۰۶**	۰/۰۶**	۱۹/۰۷**	۴/۰۶**
خطا	۱۰۲	۰/۰۰		۳/۳۴	۲/۴۵	۱۲/۱۲	۲۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۶۰	۳/۲۶	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۰۱
CV	–	۲۴/۱۵		۹/۴۰	۹/۴۸	۸/۴۷	۷/۴۸	۷/۳۸	۷/۴۷	۱۴/۱۸	۴/۲۶	۷/۳۷	۱۹/۷۹
CVg	–	۳۱/۵۸		۱۵/۶۴	۳۳/۰۴	۸/۶۲	۶/۰۷	۱۱/۵۰	۹/۳۷	۱۹/۳۷	۲۶/۷۰	۱۹/۸۷	۲۰/۱۱
CVp	–	۳۹/۹۹		۱۸/۲۵	۳۴/۳۷	۱۲/۰۹	۹/۶۴	۱۳/۶۶	۱۱/۹۹	۲۴/۰۰	۲۷/۰۵	۲۰/۱۶	۲۰/۳۵

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

برای تعیین مقدار سدیم (Na^+)، پتاسیم (K^+) و کلسیم (Ca^{++}) از دستگاه فلیم فتومتر استفاده شد [۲۷] و نسبت‌های پتاسیم به سدیم (K^+/ Na^+)، و کلسیم به سدیم (Ca^{++}/ Na^+) برای ریشه و شاخساره محاسبه شد.

میزان نسبی رشد بر اساس بیوماس رویشی (وزن خشک کل) در واحد زمان با رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۳۰].

$$\text{میزان نسبی رشد} = \frac{\ln DW_2 - \ln DW_1}{t_2 - t_1} \ (gg^{-1}day^{-1}) \quad (۱)$$

در این رابطه، DW_1 وزن خشک کل در زمان t_1، DW_2 وزن خشک کل در زمان t_2، t_1 زمان شروع آزمایش و t_2 زمان پایان آزمایش است.

شاخص تحمل به تنش (STI[1])، طبق رابطهٔ ۲ محاسبه شد [۱].

$$STI = (Y_s \times Y_p)/(Y_{\bar{p}})^2 \quad (۲)$$

در این رابطه، Y_p وزن خشک کل در شرایط بدون تنش، Y_s وزن خشک کل در شرایط تنش و $Y_{\bar{p}}$ میانگین وزن خشک کل در شرایط بدون تنش است.

تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹/۲)، تجزیهٔ همبستگی و تجزیهٔ کلاستر با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (ویرایش ۲۱/۰) و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام فلفل از نظر اکثر شاخص‌های مطالعه‌شده اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). به‌عبارت دیگر، ارقام از نظر شاخص‌های مورد مطالعه، از تنوع ژنتیکی خوبی برخوردار بودند. ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای شاخص‌های مورد بررسی با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات، محاسبه و به‌ترتیب در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. اثر متقابل شوری × رقم برای اکثر شاخص‌ها معنادار بود، ازاین‌رو برای مقایسهٔ میانگین این شاخص‌ها اقدام به برش‌دهی فیزیکی اثر متقابل کردیم و مقایسهٔ میانگین‌ها به‌دلیل اهمیت و معناداری بیشتر در شرایط تنش شوری انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین شاخص‌های رویشی در شرایط تنش شوری نشان داد که همهٔ شاخص‌ها به‌جز درصد مادهٔ خشک گیاه در شرایط تنش شوری دچار کاهش شدند، درحالی که این شاخص افزایش یافت.

مقایسهٔ میانگین تعداد برگ برای ارقام در شرایط تنش شوری نشان داد که بیشترین تعداد برگ به ارقام 'اسنوکر'[2]، 'دیتونا'[3] و 'آسی‌ایکس-۲۷۰'[4] تعلق داشت (جدول ۳). برای شاخص طول ریشه، بیشترین مقادیر در ارقام 'وانادو'[5]، 'سیرینو'[6] و 'پارامو'[7] دیده شد (جدول ۳). در شرایط تنش ارقام 'اسنوکر'، 'دیتونا' و 'اسپدی'[8]، از نظر ارتفاع ساقه؛ 'پارامو'، 'اسنوکر' و 'سیرینو' از نظر وزن تر ریشه؛ 'پارامو'، 'افستس'[9] و 'آسی‌ایکس-۲۷۰' از نظر وزن تر ساقه؛ 'سیرینو'، 'اسنوکر' و 'پارامو' از نظر وزن تر برگ؛ و 'پارامو'، 'افستس' و 'سیرینو' از نظر وزن تر کل بیشترین مقادیر را نشان دادند (جدول ۳).

ارقام 'پارامو'، 'سیرینو' و 'اسنوکر' در مورد وزن خشک ریشه؛ 'پارامو'، 'افستس' و 'آسی‌ایکس-۲۷۰' در مورد وزن خشک ساقه؛ 'سیرینو'، 'اسنوکر' و 'پارامو' در مورد وزن خشک برگ؛ و 'پارامو'، 'افستس' و 'سیرینو' در مورد وزن خشک کل دارای بیشترین مقادیر در شرایط تنش بودند (جدول ۳).

1 . Stress Tolerance Index

2. Snooker
3 . Daytona
4 . ACX 270
5 . Wanado
6 . Sereno
7. Paramo
8 . SPADI
9 . Efests

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین برخی شاخص‌های رویشی در شرایط تنش شوری در ارقام مختلف فلفل گلخانه‌ای

رقم	میانگین شاخص‌ها						
	تعداد برگ	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)	وزن تر ریشه (g)	وزن تر ساقه (g)	وزن تر برگ (g)	وزن تر کل (g)
Ethem	۱۲/۰۰ e-g	۲۲/۰۳e-g	۱۴/۲۳e-h	۲/۰۰kl	۳/۴۶f-h	۳/۵۴h-j	۹/۰۰h-j
Dulce	۱۲/۵۰ b-f	۲۵/۶۷bc	۱۶/۶۳b-e	۲/۷۵e-g	۴/۳۱de	۴/۹۰d-f	۱۱/۹۶ef
Shanghai	۱۱/۸۳ f-h	۲۰/۸۳g	۱۴/۹۷d-h	۲/۴۴g-i	۳/۹۳e-h	۴/۳۲e-h	۱۰/۶۹fg
Luzon	۱۲/۰۰ e-g	۱۹/۹۰gh	۱۵/۰۷d-h	۲/۲۷h-k	۳/۷۷e-h	۴/۲۳f-i	۱۰/۲۷g-i
PaxRGH	۹/۶۷ i	۱۶/۳۳i	۱۱/۹۳h	۰/۸۲m	۱/۲۳i	۱/۴۲k	۳/۴۷k
Paramo	۱۲/۶۷ b-e	۲۶/۶۰ab	۱۸/۸۰a-c	۳/۷۴a	۶/۵۷a	۶/۲۲a-c	۱۶/۵۳a
Lorca F1	۱۲/۳۳ c-g	۲۴/۳۰b-f	۱۶/۲۳c-f	۳/۱۵c-e	۴/۹۵cd	۵/۵۲cd	۱۳/۶۲de
Mentor	۱۲/۶۷ b-e	۲۰/۶۰g	۱۴/۲۷e-h	۱/۸۴l	۳/۱۸h	۳/۳۴j	۸/۳۶j
Snooker	۱۳/۶۷ a	۲۲/۷۳c-g	۲۱/۷۰a	۳/۶۱ab	۵/۳۲c	۶/۳۲ab	۱۵/۲۵a-d
Efests	۱۲/۸۳ b-d	۲۱/۷۳fg	۱۶/۹۷b-e	۳/۵۰a-c	۶/۲۰ab	۶/۰۰a-c	۱۵/۷۰ab
Semerkand	۱۱/۱۶ h	۱۶/۹۳hi	۱۳/۲۳f-h	۲/۳۰h-k	۳/۵۸e-h	۳/۴۳e-g	۱۰/۳۲f-i
SPADI	۱۲/۸۳ b-d	۲۴/۲۳b-f	۱۹/۲۷a-c	۳/۲۴b-d	۵/۲۹c	۴/۴۵cd	۱۳/۹۸cd
ACX 270	۱۳/۱۷ ab	۲۵/۱۰b-d	۱۷/۳۰b-e	۳/۳۵a-d	۵/۷۷a-c	۵/۵۹b-d	۱۴/۷۰b-d
Exp. 10	۱۲/۵۰ b-f	۲۰/۴۰g	۱۶/۲۳c-f	۲/۰۲j-l	۳/۳۲gh	۳/۵۲ij	۸/۸۷ij
Tyson	۱۱/۶۶ gh	۲۴/۲۰b-f	۱۷/۲۳b-e	۲/۴۵g-i	۴/۰۲e-g	۴/۳۱e-h	۱۰/۷۸fg
Daytona	۱۳/۱۷ ab	۲۴/۶۰b-f	۱۹/۸۰ab	۳/۳۲b-d	۵/۴۰bc	۵/۵۳cd	۱۴/۲۵b-d
Magic	۱۲/۱۷ d-g	۲۲/۵۰d-g	۱۵/۵۰d-g	۲/۲۳i-l	۳/۶۱e-h	۴/۰۸g-j	۹/۹۱g-j
Defender	۱۲/۳۳ b-g	۲۰/۹۰g	۱۶/۵۳c-e	۲/۴۲g-j	۴/۱۲e-g	۴/۵۲e-g	۱۱/۰۶fg
Figaro	۱۱/۸۳ f-h	۱۷/۳۳hi	۱۶/۵۳c-e	۲/۶۷f-h	۴/۲۱d-f	۵/۰۸de	۱۱/۹۶ef
Radin	۱۲/۰۰ e-g	۱۹/۷۰gh	۱۵/۱۳d-h	۲/۳۱h-k	۳/۸۱e-h	۴/۲۷f-i	۱۰/۳۹f-i
ACX 248	۱۲/۸۳ b-d	۲۴/۰۳b-f	۱۶/۸۰b-e	۳/۰۷d-f	۵/۰۱cd	۵/۵۴cd	۱۳/۶۱de
Maral	۱۲/۶۷ b-e	۲۴/۹۰b-e	۱۶/۹۳b-e	۲/۴۹g-i	۳/۹۱e-h	۴/۲۶f-i	۱۰/۶۶f-h
Wanado	۱۲/۵۰ b-f	۲۸/۸۰a	۱۶/۸۰b-e	۲/۱۹i-l	۳/۴۸e-h	۳/۸۵g-j	۹/۵۲g-j
Octavio	۱۲/۰۰ e-g	۱۹/۷۷gh	۱۲/۹۳gh	۲/۲۱i-l	۳/۵۸e-h	۴/۱۹f-i	۹/۹۸g-j
Sereno	۱۲/۱۷ d-g	۲۶/۷۰ab	۱۸/۱۰b-d	۳/۵۵a-c	۵/۴۲bc	۶/۵۹a	۱۵/۵۶a-c
Exp. 4	۱۳/۰۰ a-c	۲۲/۰۳e-g	۱۴/۴۳e-h	۲/۳۲h-k	۳/۸۹e-h	۴/۵۴e-g	۱۰/۷۵fg

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه دارای اختلاف آماری معناداری در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین برخی شاخص‌های رویشی در شرایط تنش شوری در ارقام مختلف فلفل گلخانه‌ای

رقم	میانگین شاخص‌ها						
	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک ساقه (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن خشک کل (g)	محتوای مادهٔ خشک (%)	نسبت ساقه به ریشه	میزان نسبی رشد (g/g day)
Ethem	۰/۲۹ jk	۰/۴۹ gh	۰/۴۶ i	۱/۱۹ i-k	۱۱/۵۸ b-e	۳/۱۲ a-f	۰/۱۰ ef
Dulce	۰/۴۱ ef	۰/۵۹ e-g	۰/۶۹ b-d	۱/۵۵ e-g	۱۱/۴۴ e	۲/۹۲ ef	۰/۱۰ ef
Shanghai	۰/۳۶ f-i	۰/۵۶ f-h	۰/۵۷ f-h	۱/۴۲ f-i	۱۱/۵۹ a-e	۳/۲۹ a	۰/۰۸ fg
Luzon	۰/۳۴ f-k	۰/۵۳ gh	۰/۵۴ f-i	۱/۳۶ f-k	۱۱/۶۴ a-e	۳/۲۳ a-d	۰/۰۹ e-g
PaxRGH	۰/۱۲ l	۰/۱۷ i	۰/۱۸ j	۰/۴۶ l	۱۱/۸۹ ab	۲/۹۷ d-f	۰/۱۰ ef
Paramo	۰/۵۸ a	۰/۹۲ a	۰/۷۷ ab	۲/۲۲ a	۱۱/۸۷ a-c	۲/۹۷ d-f	۰/۱۰ ef
Lorca F1	۰/۴۸ b-d	۰/۶۸ d-f	۰/۶۷ c-e	۱/۷۹ c-e	۱۱/۸۴ a-d	۲/۹۸ c-f	۰/۱۴ a-c
Mentor	۰/۲۸ k	۰/۴۵ h	۰/۴۶ i	۱/۱۲ k	۱۱/۸۵ a-c	۳/۲۸ ab	۰/۱۶ ab
Snooker	۰/۵۳ a-c	۰/۷۴ cd	۰/۷۶ a-c	۲/۰۱ a-c	۱۱/۷۷ a-d	۳/۰۴ a-f	۰/۱۱ de
Efests	۰/۵۳ a-c	۰/۸۸ ab	۰/۷۵ a-c	۲/۰۸ ab	۱۱/۷۱ a-e	۳/۰۷ a-f	۰/۱۲ c-e
Semerkand	۰/۳۴ g-k	۰/۵۰ gh	۰/۶۰ e-j	۱/۳۵ f-k	۱۱/۶۷ a-e	۳/۲۰ a-e	۰/۱۵ ab
SPADI	۰/۸ cd	۰/۷۴ cd	۰/۷۲ bc	۱/۷۸ c-e	۱۱/۶۰ a-e	۲/۸۹ f	۰/۱۲ c-e
ACX 270	۰/۴۹ b-d	۰/۸۳ a-c	۰/۷۴ bc	۱/۹۶ bc	۱۱/۸۰ a-d	۳/۱۳ a-f	۰/۱۱ de
Exp. 10	۰/۳۰ i-k	۰/۴۵ h	۰/۴۶ i	۱/۱۵ jk	۱۱/۵۵ c-e	۳/۰۶ a-f	۰/۱۶ ab
Tyson	۰/۳۶ f-i	۰/۵۸ f-h	۰/۵۹ e-h	۱/۴۳ f-i	۱۱/۸۰ a-d	۳/۱۴ a-f	۰/۱۰ ef
Daytona	۰/۴۹ b-d	۰/۷۶ b-d	۰/۶۷ c-e	۱/۸۸ bc	۱۱/۸۶ a-c	۳/۰۷ a-f	۰/۱۱ d-f
Magic	۰/۳۳ h-k	۰/۵۰ gh	۰/۵۱ hi	۱/۳۰ g-k	۱۱/۸۷ a-c	۳/۱۷ a-f	۰/۱۴ b-d
Defender	۰/۳۶ f-j	۰/۶۰ e-g	۰/۵۷ f-h	۱/۴۸ f-h	۱۱/۹۳ a	۳/۱۸ a-f	۰/۱۲ c-e
Figaro	۰/۴۰ e-g	۰/۵۹ e-g	۰/۶۲ d-f	۱/۵۶ d-f	۱۱/۶۲ a-e	۳/۰۴ a-f	۰/۱۲ c-e
Radin	۰/۳۴ g-k	۰/۵۴ gh	۰/۵۱ j-i	۱/۳۴ f-k	۱۱/۵۰ de	۳/۱۴ a-f	۰/۰۷ g
ACX 248	۰/۴۵ de	۰/۷۱ c-e	۰/۷۲ bc	۱/۸۰ cd	۱۱/۷۹ a-d	۳/۲۰ a-e	۰/۱۱ d-f
Maral	۰/۳۸ f-h	۰/۵۳ gh	۰/۵۷ f-h	۱/۳۹ f-j	۱۱/۶۱ a-e	۳/۰۰ b-f	۰/۰۶ g
Wanado	۰/۳۲ h-k	۰/۴۹ gh	۰/۶۰ d-f	۱/۲۵ h-k	۱۱/۸۰ a-d	۳/۲۸ ab	۰/۱۰ ef
Octavio	۰/۳۳ h-k	۰/۴۹ gh	۰/۵۳ f-i	۱/۳۰ h-k	۱۱/۶۸ a-e	۳/۲۵ a-c	۰/۱۱ d-f
Sereno	۰/۵۵ ab	۰/۷۷ b-d	۰/۸۳ a	۲/۰۷ ab	۱۱/۸۷ a-c	۳/۰۶ a-f	۰/۰۹ e-g
Exp. 4	۰/۳۵ f-j	۰/۵۵ f-h	۰/۶۰ e-j	۱/۴۱ f-i	۱۱/۶۹ a-e	۳/۲۳ a-d	۰/۱۷ a

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون دارای اختلاف آماری معناداری در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

بیشترین درصد مادهٔ خشک در شرایط تنش در ارقام 'پارامو'، 'منتور'[1] و 'پاکس آرجی‌اچ'[2] و بیشترین نسبت شاخساره به ریشه در ارقام 'سیمرکاند'[3]، 'اسنوکر' و 'سیرینو' مشاهده شد؛ اما این دو خصوصیت در بین ارقام تفاوت معناداری نداشتند. بیشترین میزان نسبی رشد در تنش شوری به ارقام 'ای‌اکس‌پی-چهار'[4]، 'لورکااف-یک'[5] و 'ای‌اکس‌پی-۱۰'[6] مربوط بود (جدول ۴).

با تنش شوری، مقدار سدیم هم در ریشه و هم در ساقه افزایش یافت؛ اما مقدار یون‌های پتاسیم، کلسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در ریشه و ساقه کاهش نشان داد. کمترین مقدار سدیم در ریشه در شرایط تنش در ارقام 'رادین'[7]، 'اسپدی' و 'لورکااف-یک' و در شاخساره در ارقام 'پارامو'، 'آسی‌ایکس-۲۷۰' و 'سیرینو' مشاهده شد (جدول ۵).

همبستگی مثبت و بسیار معناداری بین شاخص تحمل به تنش، با تعداد برگ، طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن تر برگ، وزن تر کل، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک کل، در همهٔ ارقام فلفل در شرایط تنش مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۱$) (جدول ۶).

تولید مادهٔ خشک کل در گیاه فلفل تحت تنش شوری زیاد، به‌شدت کاهش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ حساسیت گیاه فلفل به شوری است [۲۹]. کاهش ارتفاع ساقه، تعداد برگ، نسبت ساقه به ریشه، وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه و وزن تر و خشک کل در تنش شوری، توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است [۳۰، ۲۹، ۲۳، ۲۲، ۱۶، ۱۵، ۱۴ ، ۴] که همسو با یافته‌های این تحقیق است. با افزایش شوری، تجمع سدیم و کلر در ریشه و ساقهٔ گیاه سبب کاهش رشدونمو، به‌هم‌ریختگی غشا، و ممانعت از تقسیم و توسعهٔ سلول در گیاه می‌شود [۲۰ ، ۱۱]. شوری موجب کاهش زیاد عملکرد گیاهان در اثر کاهش رشد گیاه می‌شود [۱۳ ، ۸]. در ابتدای تنش شوری، تنش اسمزی به‌وجود می‌آید که سبب کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه و کاهش توانایی گیاه در جذب آب می‌شود و این عامل اصلی کاهش رشد است که کاهش رشد نمو برگ را در پی دارد که در نهایت به کاهش وزن خشک شاخساره منجر می‌شود [۲۰ ، ۵].

شوری اثر بیشتری بر کاهش رشد و وزن خشک شاخساره نسبت به ریشه دارد که می‌توان نتیجه گرفت شاخساره به شوری حساس‌تر از ریشه است و این امر سبب کاهش نسبت شاخساره به ریشه می‌شود [۲۴]. همچنین کاهش طول ساقه در تنش با نمک کلرید سدیم ممکن است ناشی از تأثیرات منفی این نمک بر میزان فتوسنتز، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها، کاهش سنتز پروتئین، و همچنین کاهش سطح کربوهیدرات‌ها و هورمون‌های رشد باشد که ممکن است به بازدارندگی رشد بینجامد [۱۷].

تنش شوری با کاهش در تقسیم، سرعت طویل شدن و تورژسانس سلولی و همچنین سخت و ضخیم شدن دیوارهٔ سلول‌ها موجب کاهش کلی رشد می‌شود [۱۱]. گیاهان تحت تنش شوری، برگ‌های کوچک‌تر و کمتر، ساقه و ریشهٔ کوتاه‌تر و زیست‌تودهٔ کمتری تولید می‌کنند [۱۲]. اگر میزان رشد گیاه در شرایط تنش شوری نسبت به میزان رشد در شرایط بدون تنش سنجیده شود، می‌تواند معیار مناسبی برای مقاومت به شوری باشد و در این مورد مادهٔ خشک گیاه معیار مفیدی برای ارزیابی است [۱]. تجمع مادهٔ خشک، بهترین معیاری است که با عملکرد همبستگی دارد [۳۰]. آنالیز رشد، شاخصی اساسی در مطالعهٔ پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی است [۲۰]. در این آزمایش، کاهش شاخص‌های رشدی و تفاوت در بین ارقام به‌خوبی مشهود بود. با توجه به ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی، شاخص‌های وزن تر و خشک ریشه، برگ، ساقه و کل گیاه بیشترین تفاوت‌ها را در بین ارقام فلفل در مرحلهٔ گیاهچه‌ای نشان دادند (جدول ۲).

1 . Mentor
2. PaxRGH
3 . Semerkand
4. Exp. 4
5 . Lorca F1
6 . Exp. 10
7 . Radin

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین شاخص‌های فیزیولوژیکی در شرایط تنش شوری در ارقام مختلف فلفل گلخانه‌ای

رقم	میانگین شاخص‌ها									
	ریشه				شاخساره					
	سدیم (mg/g DW)	پتاسیم (mg/g DW)	کلسیم (mg/g DW)	پتاسیم/سدیم	کلسیم/سدیم	سدیم (mg/g DW)	پتاسیم (mg/g DW)	کلسیم (mg/g DW)	پتاسیم/سدیم	کلسیم/سدیم	شاخص تحمل به تنش
Ethem	۳۶/۷۱^{cd}	۲۶/۳۲^{l}	۱/۹۵^{fg}	۰/۷۲^{t}	۰/۰۵^{f}	۳۵/۶۲^{de}	۵۶/۵۷$^{c-e}$	۹/۹۹^{b}	۱/۵۹^{m}	۰/۲۸^{lmn}	۰/۴۹^{hi}
Dulce	۳۳/۴۴^{fg}	۳۶/۷۱^{a}	۲/۰۹^{de}	۱/۱۰^{e}	۰/۰۶^{d}	۲۴/۹۱^{ij}	۵۷/۹۹^{bc}	۸/۷۴^{kl}	۲/۳۳^{e}	۰/۳۵^{g}	۱/۰۲^{c}
Shanghai	۳۷/۵۷^{c}	۳۲/۱۹^{fg}	۱/۸۸$^{h-j}$	۰/۸۶^{m}	۰/۰۵$^{f-h}$	۲۹/۷۷^{g}	۴۹/۸۶^{j}	۹/۱۴$^{h-j}$	۱/۶۸^{k}	۰/۳۱^{j}	۰/۶۴$^{d-h}$
Luzon	۳۹/۹۹^{b}	۳۳/۹۵^{bc}	۱/۷۸^{lm}	۰/۸۵^{n}	۰/۰۵^{jk}	۴۷/۶۸^{a}	۴۹/۰۰^{jk}	۹/۳۳$^{f-i}$	۱/۰۳^{r}	۰/۲۰^{p}	۰/۵۶$^{e-i}$
PaxRGH	۴۴/۰۰^{a}	۳۳/۱۳$^{c-f}$	۱/۵۷^{p}	۰/۷۵^{q}	۰/۰۴^{m}	۴۸/۴۱^{a}	۴۷/۳۷^{k}	۷/۷۹^{n}	۰/۹۸^{s}	۰/۱۶^{q}	۰/۰۷^{j}
Paramo	۴۳/۷۸^{a}	۳۲/۵۷$^{e-g}$	۱/۷۰^{o}	۰/۷۴^{r}	۰/۰۴^{lm}	۲۱/۸۰^{n}	۵۴/۹۷^{ef}	۷/۸۳^{n}	۲/۵۲^{d}	۰/۳۶^{fg}	۱/۳۶^{a}
Lorca F1	۳۰/۳۶^{ij}	۳۶/۲۲^{a}	۲/۱۷^{bc}	۱/۱۹^{a}	۰/۰۷^{c}	۲۵/۹۹^{hi}	۵۱/۸۴^{hi}	۹/۶۲$^{c-f}$	۲/۰۰^{i}	۰/۳۷^{ef}	۰/۹۶^{c}
Mentor	۳۷/۵۱^{c}	۲۶/۸۱^{kl}	۱/۹۰$^{g-i}$	۰/۷۱^{u}	۰/۰۵^{fg}	۳۶/۳۴^{d}	۵۶/۱۸$^{c-e}$	۹/۸۲$^{b-d}$	۱/۵۵^{n}	۰/۲۷^{n}	۰/۴۵^{i}
Snooker	۳۲/۰۲^{gh}	۳۶/۲۶^{a}	۲/۱۰^{de}	۱/۱۳^{d}	۰/۰۷^{d}	۲۳/۷۲^{jk}	۶۱/۲۵^{a}	۷/۸۵^{n}	۲/۵۸^{b}	۰/۳۳^{h}	۱/۲۰^{ab}
Efests	۳۲/۴۶^{g}	۳۱/۹۶^{g}	۲/۰۷^{e}	۰/۹۸^{g}	۰/۰۶^{d}	۲۳/۰۹$^{k-n}$	۶۲/۲۷^{a}	۹/۹۷^{b}	۲/۷۰^{a}	۰/۴۳^{ab}	۱/۲۸^{a}
Semerkand	۳۷/۲۱^{c}	۳۲/۵۷$^{e-g}$	۱/۸۵$^{i-k}$	۰/۸۸^{l}	۰/۰۵$^{g-i}$	۲۶/۶۶^{h}	۵۸/۵۱^{b}	۸/۶۴^{lm}	۲/۲۰^{g}	۰/۳۲	۰/۷۳^{de}
SPADI	۲۹/۱۴^{jk}	۳۳/۳۵$^{b-e}$	۲/۲۲^{b}	۱/۱۴^{c}	۰/۰۸^{b}	۲۳/۰$^{l-n}$	۵۷/۹۰^{bc}	۸/۳۹^{m}	۲/۵۲^{d}	۰/۳۷^{ef}	۰/۲۳^{ab}
ACX 270	۳۴/۲۴^{ef}	۳۳/۳۲$^{b-e}$	۱/۹۷^{f}	۰/۹۷^{h}	۰/۰۶^{e}	۲۲/۱۳^{mn}	۵۵/۹۸^{de}	۸/۹۸^{jk}	۲/۵۳^{cd}	۰/۴۱^{c}	۱/۲۰^{ab}
Exp. 10	۴۰/۲۴^{b}	۲۹/۹۲^{h}	۱/۸۴$^{j-l}$	۰/۷۴^{s}	۰/۰۵^{ij}	۴۴/۴۰^{b}	۵۰/۰۶^{ij}	۸/۴۳^{lm}	۱/۱۳^{q}	۰/۱۹^{p}	۰/۴۵^{i}
Tyson	۳۹/۵۳^{b}	۲۸/۱۲^{ij}	۱/۸۲$^{k-m}$	۰/۷۱^{v}	۰/۰۵^{j}	۲۶/۵۹^{h}	۴۸/۹۶^{jk}	۹/۳۷$^{f-i}$	۱/۸۴^{j}	۰/۳۵^{g}	۰/۷۵^{d}
Daytona	۳۲/۹۹^{fg}	۳۴/۲۵^{b}	۱/۹۵^{fg}	۱/۰۴^{f}	۰/۰۶^{e}	۲۴/۵۷$^{i-k}$	۵۵/۰۹^{ef}	۷/۹۶^{n}	۲/۲۴^{f}	۰/۳۲^{hi}	۱/۰۷^{bc}
Magic	۴۳/۲۲^{a}	۲۵/۰۶^{m}	۱/۷۷^{mn}	۰/۵۸^{y}	۰/۰۴^{kl}	۳۸/۴۴^{c}	۵۳/۵۳$^{f-h}$	۹/۳۰$^{g-j}$	۱/۳۹^{p}	۰/۲۴^{o}	۰/۵۳^{hi}
Defender	۴۳/۱۹^{a}	۳۳/۷۱$^{b-d}$	۱/۷۲^{no}	۰/۷۸^{p}	۰/۰۴^{l}	۳۱/۶۴^{f}	۵۰/۲۵^{ij}	۹/۵۳$^{d-g}$	۱/۵۹^{m}	۰/۳۰^{jk}	۰/۷۲$^{d-f}$
Figaro	۴۰/۳۲^{b}	۲۷/۴۰^{jk}	۱/۸۷$^{h-k}$	۰/۶۸^{x}	۰/۰۵$^{h-j}$	۲۶/۵۹^{h}	۵۶/۳۴$^{c-e}$	۹/۹۳^{bc}	۲/۱۲^{h}	۰/۳۷^{de}	۰/۷۶^{d}
Radin	۲۸/۲۰^{k}	۳۲/۹۶$^{d-f}$	۲/۳۰^{a}	۱/۱۷^{b}	۰/۰۸^{a}	۳۴/۸۳^{de}	۵۹/۱۸^{b}	۹/۴۲$^{e-h}$	۱/۷۰^{k}	۰/۲۷^{mn}	۰/۵۴$^{g-i}$
ACX 248	۳۵/۵۴^{de}	۲۸/۸۶^{i}	۱/۹۱$^{f-i}$	۰/۸۱^{o}	۰/۰۵^{f}	۲۳/۴۶$^{j-m}$	۵۳/۷۶^{fg}	۱۰/۶۶^{a}	۲/۲۹^{e}	۰/۴۵^{a}	۱/۰۷^{bc}
Maral	۳۷/۰۱^{cd}	۳۲/۹۵$^{d-f}$	۱/۹۱$^{f-h}$	۰/۸۹^{j}	۰/۰۵^{fg}	۳۴/۲۸ ^{de}	۵۰/۰۷^{ij}	۹/۷۲$^{b-e}$	۱/۴۶^{o}	۰/۲۸^{lm}	۰/۶۳$^{d-h}$
Wanado	۳۹/۹۱^{b}	۲۸/۱۸^{ij}	۱/۸۳$^{j-m}$	۰/۷۱^{w}	۰/۰۵^{j}	۲۸/۹۶^{g}	۴۷/۱۳^{k}	۹/۱۰^{ij}	۱/۶۳^{l}	۰/۳۱^{ij}	۰/۷۱$^{d-g}$
Octavio	۳۶/۳۴^{cd}	۳۲/۲۶^{fg}	۱/۹۲$^{f-h}$	۰/۸۹^{k}	۰/۰۵^{fg}	۳۲/۴۹^{f}	۵۲/۷۸^{gh}	۹/۴۶$^{e-g}$	۱/۶۳^{lm}	۰/۲۹^{kl}	۰/۵۵$^{f-i}$
Sereno	۳۹/۹۱^{b}	۲۸/۳۹^{i}	۱/۸۵$^{i-k}$	۰/۷۱^{v}	۰/۰۵$^{h-j}$	۲۲/۵۵$^{l-n}$	۵۷/۷۴$^{b-d}$	۸/۳۹^{m}	۲/۵۶^{bc}	۰/۳۷^{de}	۱/۲۹^{a}
Exp. 4	۳۰/۶۹^{hi}	۲۸/۵۴^{i}	۲/۱۴^{cd}	۰/۹۳^{i}	۰/۰۷^{c}	۲۵/۹۴^{hi}	۵۵/۱۸^{ef}	۹/۹۴^{b}	۲/۱۳^{h}	۰/۳۸^{d}	۰/۷۲^{de}

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون دارای اختلاف آماری معناداری در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

جدول ۶ ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص تحمل به تنش در شرایط تنش شوری

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
۱. تعداد برگ	۱/۰۰																							
۲. طول ریشه	۰/۶۴ns	۱/۰۰																						
۳. طول ساقه	۰/۷۸ns	۰/۶۳ns	۱/۰۰																					
۴. وزن تر ریشه	۰/۶۸ns	۰/۵۸ns	۰/۸۲ns	۱/۰۰																				
۵. وزن تر ساقه	۰/۶۷ns	۰/۵۷ns	۰/۷۶ns	۰/۹۸ns	۱/۰۰																			
۶. وزن تر برگ	۰/۶۶ns	۰/۵۲ns	۰/۷۶ns	۰/۹۸ns	۰/۹۵ns	۱/۰۰																		
۷. وزن تر کل	۰/۶۷ns	۰/۵۶ns	۰/۷۸ns	۰/۹۹ns	۰/۹۸ns	۰/۹۸ns	۱/۰۰																	
۸. وزن خشک ریشه	۰/۶۶ns	۰/۵۷ns	۰/۸۰ns	۰/۹۹ns	۰/۹۸ns	۰/۹۸ns	۰/۹۹ns	۱/۰۰																
۹. وزن خشک ساقه	۰/۶۶ns	۰/۵۶ns	۰/۷۵ns	۰/۹۷ns	۰/۹۹ns	۰/۹۴ns	۰/۹۸ns	۰/۹۷ns	۱/۰۰															
۱۰. وزن خشک برگ	۰/۶۴ns	۰/۵۱ns	۰/۷۵ns	۰/۹۷ns	۰/۹۴ns	۰/۹۸ns	۰/۹۹ns	۰/۹۸ns	۰/۹۳ns	۱/۰۰														
۱۱. وزن خشک کل	۰/۶۶ns	۰/۵۶ns	۰/۷۸ns	۰/۹۹ns	۰/۹۹ns	۰/۹۸ns	۰/۹۹ns	۰/۹۸ns	۰/۹۸ns	۰/۹۸ns	۱/۰۰													
۱۲. مقدار مادهٔ خشک	۰/۱۳	−۰/۰۱	۰/۰۱	−۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۷	−۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۱/۰۰												
۱۳. شاخصار/ریشه	−۰/۳۳	−۰/۳۰	−۰/۲۴	−۰/۲۶	۰/۰۴	−۰/۱۵	−۰/۲۸	−۰/۲۵	−۰/۴۵*	−۰/۱۱	−۰/۲۹	−۰/۱۷	۱/۰۰											
۱۴. میزان نسبی رشد	۰/۱۳	−۰/۲۳	−۰/۰۸	−۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۲	۱/۰۰										
۱۵. سدیم ریشه	−۰/۲۵	−۰/۲۶	−۰/۱۰	−۰/۳۹*	−۰/۴۶*	−۰/۳۶	−۰/۴۱*	−۰/۳۹*	−۰/۴۵*	−۰/۳۱	−۰/۳۹*	−۰/۳۸	−۰/۲۰۴۵*	−۰/۱۵−۰/۰۹	۱/۰۰									
۱۶. پتاسیم ریشه	−۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۹	−۰/۱۱	−۰/۰۹	−۰/۴۰*	−۰/۹۶***	۱/۰۰								
۱۷. کلسیم ریشه	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۴۱*	۰/۴۷*	۰/۴۰*	۰/۴۳**	۰/۴۱*	۰/۴۵*	۰/۳۴	۰/۴۱*	۰/۴۷**۰/۴۱*	−۰/۴۰*	−۰/۹۶***	۰/۲۹	۱/۰۰								
۱۸. پتاسیم/سدیم ریشه	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۴۴*	۰/۴۹*	۰/۳۸	۰/۴۳**	۰/۴۳*	۰/۴۵*	۰/۳۳	۰/۴۲*	−۰/۳۳	−۰/۴۲	−۰/۰۶−۰/۳۴	−۰/۸۷***	۰/۸۱***	۱/۰۰							
۱۹. کلسیم/سدیم ریشه	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۴۴*	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۴۲*	۰/۲۹	۰/۳۷	−۰/۰۰	−۰/۴۲	−۰/۹۸***	۰/۹۹***	−۰/۱۶	−۰/۴۵*	−۰/۳۴	۱/۰۰					
۲۰. سدیم شاخساره	−۰/۵۳***	−۰/۵۴***	−۰/۱۶	−۰/۱۸***	−۰/۱۹***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۸***	−۰/۱۷	−۰/۰۶	۰/۴۶*	۰/۰۴	۰/۴۶*	۰/۳۰	۰/۴۴*	۰/۵۴***	۱/۰۰			
۲۱. پتاسیم شاخساره	۰/۳۶	−۰/۰۱	−۰/۳۳	۰/۵۴***	۰/۵۳***	۰/۵۸***	۰/۵۶***	۰/۵۳***	۰/۵۶***	۰/۵۲***	۰/۵۲***	۰/۱۹	−۰/۰۸	−۰/۱۵	−۰/۴۱*	−۰/۴۳**	۰/۱۵	۰/۲۰	−۰/۱۵	۰/۰۱	−۰/۰۳	۱/۰۰		
۲۲. کلسیم شاخساره	۰/۰۱	−۰/۱۱	−۰/۳۵	−۰/۱۵	−۰/۰۹	−۰/۰۸	−۰/۱۰	−۰/۱۶	−۰/۰۸	−۰/۱۰	−۰/۱۰	−۰/۰۴	−۰/۱۳	−۰/۰۷	۰/۱۵	−۰/۴۳**	۰/۲۰	−۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۰۱	−۰/۰۳	−۰/۱۳۰/۷۳		
۲۳. پتاسیم/سدیم شاخساره	۰/۴۳**	۰/۶۲**	۰/۸۶**	۰/۸۴**	۰/۸۷**	۰/۸۶**	۰/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۸۵**	۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۱۰	−۰/۱۹	−۰/۲۴	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۹۴**	۰/۹۳**	۰/۴۹	۰/۸۸**	
۲۴. کلسیم/سدیم شاخساره	۰/۴۹*	۰/۴۶*	۰/۴۵*	۰/۷۵**	۰/۷۵**	۰/۷۷**	۰/۷۷**	۰/۷۴**	۰/۷۶**	۰/۷۵**	۰/۷۶**	۰/۲۴	۰/۱۰	−۰/۴۸*	۰/۰۵	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۴۳*	۰/۹۳**	۰/۴۹	۰/۸۸**	۰/۹۲**	۱/۰۰	
۲۵. شاخص تحمل به تنش	۰/۶۵**	۰/۶۲**	۰/۷۸**	۰/۹۶**	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۴۳	۰/۰۳	−۰/۲۹	−۰/۴۱*	−۰/۳۲	۰/۴۰*	۰/۴۴*	۰/۳۸	−۰/۸۶**	−۰/۱۹۰/۵۵	۰/۹۲**	۰/۸۰**	۱/۰۰

* و **: به‌ترتیب همبستگی معنادار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.

با تنش شوری مقدار سدیم، هم در ریشه و هم در ساقه افزایش یافت، اما مقدار یون‌های پتاسیم، کلسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در ریشه و ساقه کاهش نشان داد. کمترین مقدار سدیم در ریشه در شرایط تنش در ارقام 'رادین'[1]، 'اسپدی' و 'لورکااف-یک' و در شاخساره در ارقام 'پارامو'، 'آسی‌ایکس-۲۷۰' و 'سیرینو' مشاهده شد (جدول ۵).

همبستگی منفی و بسیار معناداری بین مقدار سدیم در شاخسارهٔ گیاه با مقدار پتاسیم در شاخساره، نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره، نسبت کلسیم به سدیم در شاخساره، شاخص تحمل به تنش، وزن خشک کل ($P\leq$۰/۰۱) و مقدار پتاسیم در ریشه، مقدار کلسیم در ریشه، نسبت کلسیم به سدیم در ریشه ($P\leq$ ۰/۰۵) مشاهده شد (جدول ۶). افزایش سدیم در ریشه با مقدار پتاسیم در شاخساره، مقدار کلسیم در شاخساره، نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره، مقدار پتاسیم در ریشه، مقدار کلسیم در ریشه، نسبت کلسیم به سدیم در ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه ($P\leq$ ۰/۰۱) و نسبت کلسیم به سدیم در شاخساره ($P\leq$ ۰/۰۵) همبستگی منفی و معنادار و با مقدار سدیم در شاخساره ($P\leq$ ۰/۰۱) همبستگی مثبت و معناداری داشت (جدول ۶).

ضریب همبستگی منفی و معنادار بین مقدار سدیم و پتاسیم در شاخساره و سدیم، کلسیم و پتاسیم و نسبت‌های آنها در ریشه و شاخسارهٔ ارقام فلفل مطالعه‌شده، رابطهٔ آنتاگونیسم بین سدیم با پتاسیم و کلسیم را نشان داد. همچنین از این همبستگی منفی و بسیار معنادار با وزن تر و خشک در ارقام فلفل، تأثیر منفی و شدید شوری سدیمی بر رشد گیاه مشهود است.

بیشترین مقدار پتاسیم در تنش شوری در ریشهٔ ارقام 'وانادو'، 'دولس'[2] و 'ای‌اکس‌پی-چهار' و در شاخسارهٔ ارقام 'دولس'، 'پارامو' و 'لورکااف-یک' وجود داشت (جدول ۵). مقدار پتاسیم در شاخساره در شرایط تنش شوری همبستگی مثبت و بسیار معناداری با وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل، وزن خشک کل، نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره، نسبت کلسیم به سدیم در شاخساره ($P\leq$۰/۰۱) و طول ساقه، مقدار کلسیم در ریشه، شاخص تحمل به تنش ($P\leq$۰/۰۵) نشان داد که حاکی از تأثیرات مثبت این عنصر در رشد گیاه است. این شاخص همبستگی منفی و بسیار معناداری با مقدار سدیم در ریشه و شاخساره ($P\leq$۰/۰۱) داشت (جدول ۶).

بیشترین مقدار کلسیم تحت تنش شوری در ریشهٔ ارقام 'دیفندر'، 'ای‌اکس‌پی-چهار' و 'رادین' و در شاخسارهٔ ارقام 'رادین'، 'اسپدی' و 'لورکااف-یک' دیده شد (جدول ۵). کلسیم ریشه با سدیم ریشه ($P\leq$۰/۰۱) و سدیم برگ ($P\leq$۰/۰۵) همبستگی منفی و معناداری نشان داد که می‌تواند اثر آنتاگونیسمی آن را با سدیم در ریشه نشان دهد. همچنین همبستگی مثبت و معناداری با نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه، نسبت کلسیم به سدیم در ریشه ($P\leq$۰/۰۱) و با مقدار پتاسیم در شاخساره و نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره ($P\leq$۰/۰۵) به‌دست آمد (جدول ۶). در شرایط تنش، بیشترین مقدار نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره به ارقام 'افستس'، 'اسنوکر' و 'سیرینو' و نسبت کلسیم به سدیم در شاخساره به ارقام 'آسی‌ایکس-۲۴۸'، 'افستس' و 'آسی‌ایکس-۲۷۰' مربوط بود (جدول ۵).

افزایش مقدار سدیم در ریشه و شاخسارهٔ فلفل و کاهش مقدار پتاسیم و کلسیم و نسبت‌های آن‌ها با سدیم در ریشه و شاخساره گزارش شده است [۱۵، ۱۴ ، ۴]. در شرایط تنش شوری در اثر افزایش تجمع یون سدیم در

1. Radin

2. Dulce

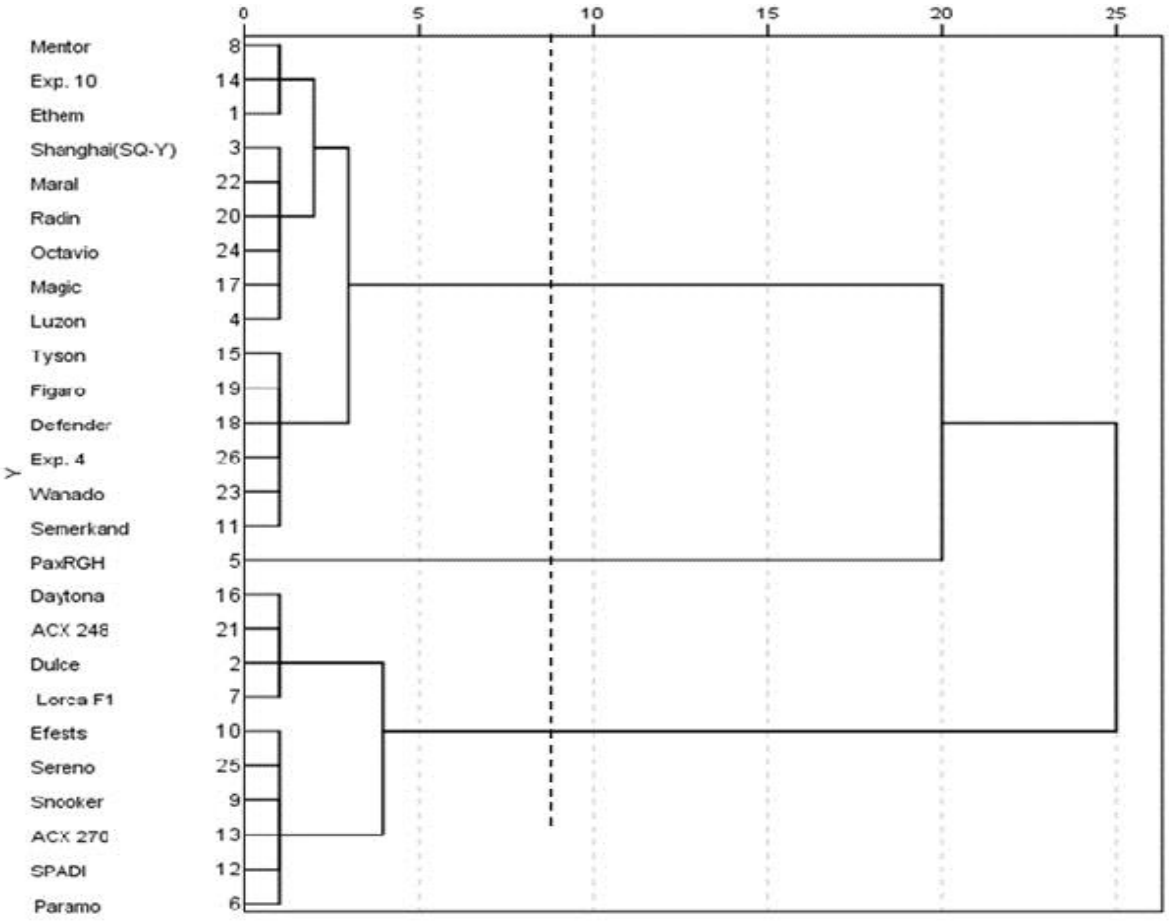
گیاه، عدم تعادل یونی، کمبود عناصر غذایی و سمیت یونی رخ می‌دهد. کاهش رشد گیاهان در غلظت‌های زیاد سدیم به‌علت کمبود جذب پتاسیم و کلسیم است [۱۸]. پتاسیم به‌عنوان یک یون معاوضه‌شونده در دفع سدیم در سیستم غشای سلولی شناخته شده است، زیرا خروج یون سدیم در کورتکس با ورود یون پتاسیم همراه است. حضور مقادیر زیاد سدیم سبب ممانعت از جذب عناصر غذایی نظیر پتاسیم توسط بافت‌های گیاهی می‌شود که به افزایش نسبت سدیم به پتاسیم می‌انجامد [۱۴].

در شرایط تنش شوری افزایش ورود سدیم به گیاه و تجمع آن در سیتوپلاسم سبب می‌شود که یون سدیم جایگزین یون پتاسیم شود و تأثیرات سمیت یونی بروز کند [۲۰]. حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی جهت تحمل شوری توسط گیاه امری ضروری است [۱۵ ، ۷] و سلول برای انجام دادن فعالیت‌های طبیعی خود به نسبت بالایی از پتاسیم به سدیم نیاز دارد [۲۰ ، ۱۰]. ارقام متحمل به شوری نسبت به ارقام حساس، نسبت بیشتری از پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در بخش هوایی خود دارند [۷ ، ۴]. نسبت پتاسیم به سدیم رابطهٔ شدیدی با رشد و تولید در گیاهان دارد و توسط تعداد زیادی از محققان، شاخصی مؤثر برای تحمل به شوری معرفی شده است [۲۶، ۱۹ ، ۴].

کلسیم در حفظ ثبات غشا، انتقال یون‌ها و تنظیم متابولیسم تأثیر دارد و سدیم با کلسیم برای جایگاه باندهای موجود در غشا رقابت می‌کند [۱۴]. همچنین کلسیم تأثیرات مضر تنش شوری را در گیاهان کاهش می‌دهد و از جذب سدیم ممانعت می‌کند [۱۴]. تعیین غلظت یون‌های پتاسیم، سدیم و کلسیم و نسبت آنها در ریشه یا شاخسارهٔ گیاه، به‌عنوان شاخصی مؤثر برای تعیین مقاومت، تحمل یا حساسیت به شوری در گیاهان استفاده می‌شود [۲۹، ۲۳، ۲۲، ۱۹ ، ۴].

همبستگی منفی بین مقدار سدیم و تحمل شوری در فلفل و بسیاری از گیاهان حساس به شوری گزارش شده است [۱۰ ، ۴] که در توافق با یافته‌های تحقیق حاضر است. ارقامی از فلفل که مقدار کمتری از سدیم را در شاخسارهٔ خود انباشت می‌کنند تحمل بیشتری به تنش شوری دارند [۴]. همچنین ارقام متحمل‌تر به شوری نسبت بیشتری از پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم را در شاخساره دارند [۱۵، ۱۴ ، ۴].

به‌علت آنکه بیشترین و کمترین میانگین وزن خشک کل در شرایط نرمال و تنش متعلق به ارقام ثابتی نبود، محاسبهٔ شاخص تحمل به تنش در ارزیابی و شناسایی ارقام برتر مؤثر است. شاخص تحمل به تنش همبستگی مثبت، قوی و معناداری با تعداد برگ، طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل، وزن خشک کل، نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره، نسبت کلسیم به سدیم در شاخساره ($P\leq$ ۰/۰۱) و مقدار پتاسیم در شاخساره ($P\leq$ ۰/۰۵) داشت (جدول ۶). همبستگی منفی و قوی بین شاخص تحمل به تنش با مقدار سدیم در شاخساره دیده شد ($P\leq$۰/۰۱). براساس شاخص تحمل به تنش، هرقدر اختلاف بین عملکرد (شاخص مهم مورد بررسی) در شرایط بدون تنش و تنش بیشتر باشد، شاخص تحمل به تنش کوچک‌تر می‌شود و بنابراین مقادیر بیشتر شاخص تحمل به تنش، نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر ارقام به تنش است [۱]. محاسبهٔ این شاخص برای ارقام در تنش شوری بیانگر تحمل بیشتر ارقام 'پارامو'، 'افستس' و 'سیرینو' در مقایسه با سایر ارقام بود. شاخص تحمل به تنش قادر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد و تحمل بیشتر به تنش است [۳]. براساس این شاخص ژنوتیپ‌هایی گزینش می‌شوند که در محیط‌های تنش و بدون تنش عملکرد زیادی دارند [۱]. از این شاخص در شناسایی و گزینش ارقام برتر در گیاهان زراعی مهم استفاده شده است [۶، ۳ ، ۱].



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای ارقام فلفل گلخانه‌ای براساس شاخص‌های مختلف در شرایط تنش شوری

تجزیهٔ خوشه‌ای به‌منظور دسته‌بندی بهتر ارقام در سطوح شوری انجام گرفت تا شباهت‌ها و تفاوت میان آنها از نظر همهٔ شاخص‌ها بررسی شود. گروه‌بندی با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۲۱/۰) و بر اساس تکنیک مربع فاصلهٔ اقلیدسی اجرا شد. در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl، در فاصلهٔ اقلیدسی ۸/۵، ارقام در سه خوشه قرار گرفتند (شکل ۱). نخستین گروه، ۱۵ رقم شامل 'منتور'، 'ای‌اکس‌پی ۱۰'، 'اتم'[1]، 'شانگهای'[2]، 'مارال'[3]، 'رادین'، 'اکتاویو'[4]، 'مجیک'[5]، 'لوزان'[6]، 'تیسون'[7]، 'فیگارو'[8]، 'دفندر'[9]، 'ای‌اکس‌پی‌چهار'، 'وانادو' و 'سیمرکند' را در خود جای داد. این ارقام از نظر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده (نسبت به کل ارقام)، شباهت‌های بسیاری داشتند و مقادیر ضعیف‌تری را برای شاخص‌های مزبور نشان دادند. گروه دوم شامل یک رقم، 'پاکس‌آرجی‌اچ' بود که نسبت به سایر ارقام رشد بسیار ضعیف‌تری داشت و

1. Ethem
2. Shanghai
3. Maral
4. Octavio
5. Magic
6. Luzon
7. Tyson
8. Figaro
9. Defender

برای تمام شاخص‌ها به‌جز مقدار سدیم ریشه و شاخساره کمترین مقادیر را به خود اختصاص داد که در یک گروه مجزا قرار گرفت. در نهایت گروه سوم ۱۰ رقم به نام‌های 'پارامو'، 'اسپادی'، 'اسی‌اکس-۲۷۰'، 'اسنوکر'، 'سرنو'، 'افستس'، 'لورکااف-یک'، 'دولس'، 'اسی‌اکس-۲۴۸'[1] و 'دایتونا' را شامل می‌شد. همهٔ ارقام این گروه از نظر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده (نسبت به کل ژنوتیپ‌ها)، شباهت‌های بسیاری داشتند و مقادیر مطلوب‌تری را برای شاخص‌ها نشان دادند که نشانهٔ رشد بهتر اعضای آن در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود.

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد شاخص‌های رشدی و تعدادی از شاخص‌های فیزیولوژیکی در میان این ۲۶ رقم فلفل گلخانه‌ای به طور معناداری تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر، ویژگی‌های رشد رویشی ارقام فلفل (وزن تر و خشک، میزان نسبی رشد، طول ساقه و ریشه و تعداد برگ) با شوری کاهش یافتند و جذب عناصر غذایی ضروری (پتاسیم و کلسیم) با مشکل روبه‌رو شدند. اثر شوری بر تمام شاخص‌های بررسی‌شده به‌جز درصد مادهٔ خشک و مقدار سدیم روند کاهشی معناداری داشت. در میان ارقام بررسی‌شده، گوناگونی فراوانی از نظر تحمل به تنش شوری مشاهده شد. همچنین مشاهده شد که ارقام متحمل‌تر، سدیم کمتری در شاخسارهٔ خود داشتند که به‌نظر می‌رسد جلوگیری از انتقال سدیم از ریشه به ساقه از سازوکارهای مهم تحمل به شوری در ارقام فلفل باشد. در کل ارقام 'پارامو'، 'افستس' و 'اسپادی' براساس شاخص‌های معرفی‌شده، متحمل‌ترین ارقام شناخته شدند. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر که نشان داد ارقام فلفل مورد مطالعه به شوری حساس‌اند و به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند و همچنین مسئلهٔ رو به گسترش شوری در کشور توصیه می‌شود که ارقام وارداتی قبل از معرفی و استفاده، ارزیابی شوند. ضریب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای اکثر شاخص‌ها به هم نزدیک بودند که نشان‌دهندهٔ اثر کمتر محیط بر روی این شاخص‌هاست که ممکن است به‌دلیل محیط کنترل‌شدهٔ آزمایش (در گلخانه و کشت هیدروپونیک) باشد.

در مجموع شاخص‌های مقدار سدیم شاخساره و تحمل به تنش که با شاخص‌های رویشی گیاه همبستگی قوی نشان دادند و دارای تنوع ژنتیکی و فنوتیپی بیشتری نیز بودند، شاخص‌های مناسب‌تری برای گزینش ارقام به‌منظور تحمل به شوری در شرایط تنش شوری به‌نظر می‌رسند.

تشکر و قدردانی

از شرکت بذر فلات ایران قدردانی می‌شود.

منابع

۱. ایزددوست ه، سمیع‌زاده ح، ربیعی ب و عبدالهی ش (۱۳۹۲) ارزیابی تحمل به شوری در ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) با تأکید بر شاخص‌های تحمل به تنش. تحقیقات غلات. ۳(۳): ۱۸۰-۱۶۷.

۲. ساردویی نسب س، محمدی‌نژاد ق، زبرجدی ع ر، ناخدا ب، مردی م، طباطبایی س م ت، شریفی غ ر، امینی ا و مجیدی هروان ا (۱۳۹۲) واکنش لاین های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری. به‌نژادی نهال و بذر. ۲۹(۱): ۱۰۲- ۸۱.

۳. سلطانی حویزه م، ارزانی ا و میرمحمدی میبدی س ع م (۱۳۸۷) ارزیابی تحمل به شوری ارقام تجاری و امیدبخش نیشکر در شروع رشد رویشی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش. نهال و بذر. ۲۴(۱): ۱۵۹-۱۴۵.

4. Aktas H, Abak K and Cakmak I (2006) Genetic variation in the response of pepper to salinity. Scientia Horticulturae. 110: 260-266.

1. ACX 248

5. Amirjani MR (2011) Effect of salinity stress on growth, suger content, pigment and enzyme activity of rice. International Journal of Botany. 7(1): 73-81.

6. Anagholi A, Tabatabaee SA and Foman A (2010) Evaluation of salinity tolerance of forage sorghum varieties with stress tolerance and susceptibility indices. Electronical Journal of Crop Production. 3(1): 89-102.

7. Ashraf M and McNeilly T (2004) Salinity tolerance in Brassica oil seeds. Critical Reviews in Plant Sciences. 23: 157-174.

8. Ashraf MY, Awan AR and Mahmood K (2012) Rehabilitation of saline ecosystems through cultivation of salt tolerant plants. Pakistanian Journal of Botany. 44: 69-75.

9. Azuma R, Ito N, Nakayama N, Suwa R, Nguyen NT, Mayoral JAL, Esaka M, Fujiyamac H and Sane H (2010) Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.) Scientia Horticulturae. 125: 171-178.

10. Chinnusamy V, Jagendorf A and Zhu JK (2005) Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science. 45: 437-448.

11. Deivanai S, Xavier R, Vinod V, Timalata K and Lim OF (2011) Role of Exogenous Proline in Ameliorating Salt Stress at Early Stage in Two Rice Cultivars. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 7(4): 157-174.

12. Flowers TJ (2004) Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55: 307-319.

13. Kanwal S, Ashraf M, Shahbaz M and Iqbal MY (2013) Influence of saline stress on growth, gas exchange, mineral nutrients and non-enzymatic antioxidants in mungbean [(*Vigna radiate* (L.). Wilczek]. Pakistanian Journal of Botany. 45(3): 763-771.

14. Kaouther Z, Nina H, Rezwan A and Cherif H (2013) Evaluation of Salt Tolerance (NaCl) in Tunisian Chili Pepper (*Capsicum frutescens* L.) on Growth, Mineral Analysis and Solutes Synthesis. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 9(1): 209-228.

15. Lopez-Aguilar R, Medina-Hernandez D, Ascencio-Valle F, Troyo-Dieguez E, Nieto-Garibay A, Arce-Montoya M, Larrinaga-Mayoral JA and Gomez-Anduro GA (2012) Differential responses of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. glabriusculum) and Poblano (*Capsicum annuum* var. annuum) hot peppers to salinity at the plantlet stage. African Journal of Biotechnology. 11(11): 2642-2653.

16. Lycoskoufis IH, Savvas D and Mavrogianopoulos G (2005) Growth, gas exchange and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. Scientia Horticulturae. 106: 147-161.

17. Mazher AMA, El-Quesni EMF and Farahat MM (2007) Responses of ornamental and woody trees to salinity. World Journal of Agriculture Science. 3(3): 386-395.

18. Mousa MAA, Al-Qurashi AD and Bakhashwain AAS (2013) Response of tomato genotypes at early growing stages to irrigation water salinity. Journal of Food, Agriculture and Environment. 11(2): 501-507.

19. Mousa MAA, Al-Qurashi AD and Bakhashwain AAS (2014) Ions concentration and their ration in roots and shoots of tomato genotypes associated with salinity tolerance at early growth stage. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 4(3): 586-600.

20. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment. 25: 239-250.

21. Munns R, Husain S, Rivelli AR, James RA, Condon TAG, Lindsay MP, Lagudah ES, Schachtman DP and Hare RA (2002) Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant Soil. 247: 93-105.

22. Niu G and Rodrigueza DS (2010) Rapid Screening for Relative Salt Tolerance among Chile Pepper Genotypes. HortScience. 45(8): 1192-1195.

23. Niu G, Rodrigueza DS, Call E, Bosland PW, Ulery A and Acostac E (2010) Responses of eight chile peppers to saline water irrigation. Scientia Horticulturae. 126: 215-222.

24. Ping A, Inanaga S, Li XJ, Eneji AE and Zhu NW (2005) Interactive effects of salinity and air humidity on two tomato cultivers differing in salt tolerance. Journal of Plant Nutrition. 28: 459-473.

25. Rao KVM, Raghavendra AS and Reddy KJ (2006) Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. Published by Springer. Pp. 58.

26. Rubio JS, Garcia-Sanchez F, Rubio F and Martinez V (2009) Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. Scientia Horticulturae. 119: 79-87.

27. Toth SJ, Prince AL, Wallace A and Mikkelsen DS (1948) Rapid quantitative determination of eight mineral elements in plant tissue by a systematic procedure involving use of a flame photometer. Soil Science. 66(6): 459-466.

28. Zhang L, Tian LH, Zhao JF, Song Y, Zhang CJ and Guo Y (2009) Identification of an apoplastic protein involved in the initial phase of salt stress response in rice root by two-dimensional electrophoresis. Plant Physiology. 149: 916-928.

29. Zhani K, Elouer MA, Aloui H and Hannachi C (2012) Selection of a salt tolerant Tunisian cultivar of chili pepper (*Capsicum frutescens*). EurAsian Journal of BioSciences. 6: 47-59.

30. Ziaf K, Amjad M, Aslampervez M, Iqbal Q, Rajwana IA and Ayyub M (2009) Evaluation of different growth and physiological traits as indices of salt tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.). Pakistanian Journal of Botany. 41(4): 1797-1809.