بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) بر اساس توانایی در تنظیم و انتقال یونی در مرحله ابتدای رشد رویشی

مهدی سلطانی حویزه، سیدعلی‌محمد میرمحمدی میبدی و احمد ارزانی[1*]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۶)

چکیده

گیاه نیشکر یکی از گیاهان مهم قندی در جهان محسوب می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی نیمه خشک و نسبتاً شور در مناطق تحت کشت نیشکر در کشور، افزایش مقاومت به شوری در این گیاه حائز اهمیت می‌باشد. برای نیل به این هدف شناخت ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و درک مکانیزم‌های تحمل به شوری در گیاه نیشکر ضروری است. در این مطالعه ۸ رقم تجاری و امیدبخش نیشکر در محیط کشت هیدروپونیک، حاوی نمک طعام (NaCl) با غلظت‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد مورد مطالعه قرار گرفتند. آثار شوری بر جذب، انتقال و تجمع یون‌های Na^+ ، K^+ ، Cl^- و Ca^{2+} در برگ و ریشه بررسی شد. با افزایش سطوح شوری محتوای کلر در برگ و ریشه ارقام مورد آزمایش افزایش یافت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم نشان داد که تجمع سدیم درون گیاه ناشی از شوری، نسبت به پتاسیم بیشتر بوده است. با افزایش سطوح شوری میزان جذب سدیم و میزان انتقال آن به اندام‌های هوایی به سرعت افزایش یافت که منجر به کاهش رشد و عملکرد وزن خشک گردید. محتوای کلر در برگ و ریشه رقم NCO-310 با افزایش سطوح شوری از متوسط به زیاد ثابت ماند، که نشان دهنده توانایی ژنتیکی این رقم برای جلوگیری از ورود یون سمی کلر به درون گیاه است. رقم CP82-1592 با داشتن کمترین نسبت کلر برگ به ریشه دارای انتقال کمتر یون سمی کلر به قسمت‌های هوایی گیاه بود. هم‌چنین این رقم دارای محتوای کلسیم بالا در برگ و نسبت سدیم به کلسیم پایین در تمام سطوح شوری بود. رقم CP48-103 با داشتن کمترین میزان یون سدیم در برگ و میزان نسبتاً پایین در ریشه احتمالاً دارای پتانسیل ژنتیکی در جلوگیری از ورود یون سدیم به گیاه می‌باشد. رقم‌های CP72-2086 و CP82-1592 از مکانیزم توزیع یون‌های مضر کلر و سدیم به برگ‌های پیر و پنجه‌ها برخوردار بوده‌اند. بنابراین، جلوگیری از جذب، ممانعت از انتقال و توزیع عناصر مضر کلر و سدیم را می‌توان به عنوان مکانیزم‌های مهم در تحمل به شوری گیاه نیشکر مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، شوری، سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم

مقدمه

نیشکر گیاه زراعی مختص مناطق گرمسیری مرطوب می‌باشد، اما به دلیل تقاضای روز افزون برای شکر، کشت و کار آن به سرعت به مناطق نیمه گرمسیری خشک و نیمه خشک گسترش یافته است (۱۴). در این مناطق به دلیل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی خاک شور شده، آب آبیاری شور بوده و بر اثر تبخیر،

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

نمک در سطح خاک تجمع می‌یابد (۱۰). ماس و هافمن (۱۳) و نلسون و هام (۱۵) معتقدند که نیشکر گیاهی نیمه حساس به شوری است، این مطلب به خوبی در بازنگری مقالات منتشر شده صد سال اخیر توسط رزف بیان شده است (۱۸). عملکرد این گیاه در شرایط خاک شور و سدیمی به شدت کاهش می‌یابد. آثار معکوس اسمزی، کاهش جذب آب از خاک توسط ریشه، زیان مستقیم یونی و یا عدم تعادل غذایی در سیستم گیاه، احتمالاً برخی از دلایل کاهش عملکرد نیشکر می‌باشند (۱۵). آزمایشگاه شوری آمریکا تحمل به شوری برای گیاهان زراعی را در آستانه حداکثر ۵۰ درصد کاهش محصول دانسته است (۲۳)، در صورتی که برنستین و همکاران (۵) این معیار را ۱۵–۱۰ درصد در نظر گرفته‌اند. آنها با توجه به اهمیت اقتصادی گیاه نیشکر و رقابت بالا در صنعت شکر و اهمیت تولید عملکرد بالا و با توجه به کاهش ۱۰ و ۲۵ درصدی عملکرد به ترتیب در ECهای ۳ و ۵ میلی‌موز بر سانتی‌متر، این گیاه را حساس به شوری می‌دانند (۵).

تأثیر اسمزی نمک‌ها روی گیاهان، ناشی از کاهش پتانسیل آب خاک است که در اثر افزایش غلظت ماده محلول در ناحیه ریشه به وجود می‌آید. آثار یونی از دیگر اجزای تشکیل دهنده تنش شوری می‌باشند (۱۲). وقتی که غلظت یک یون خاص در گیاه از آستانه خود فراتر رود، باعث ایجاد حالت سمی در گیاه شده و به مقدار زیاد جذب و متابولیسم عناصر ضروری را دچار اختلال می‌کند و بدین ترتیب رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۶). در شوری‌های بالا، هنوز اکثر آثار مضر نمک به صورت غیر اختصاصی است. با این حال بعضی علائم خاص مانند سوختگی نوک برگ که در اثر یون‌های Na^+ و یا Cl^- ایجاد می‌گردد، ممکن است قابل تشخیص باشد (۱۸). یون‌های کلر در نیشکر نیز از جذب نیتروژن و فسفر جلوگیری می‌کنند. پهنک برگ طبیعی ممکن است شامل ۰/۳ تا ۰/۵ درصد یون Cl^- باشد. اما تحت شرایط مناطق شور، غلظت یون Cl^- به ۱ درصد وزن خشک افزایش می‌یابد (۱۹). یون Na^+ در نیشکر مانند سایر گیاهان به سهولت جایگزین یون K^+ نمی‌شود. در مطالعه‌ای، سدیم طبیعی بافت پهنک برگ نمونه‌برداری شد که از ۰/۰۰۶ تا ۰/۰۲ درصد از وزن خشک برگ بود و تنها زمانی با مقادیر ۰/۰۴ درصد یا بزرگ‌تر مشاهده گردید که سطوح بالاتری از یون Na^+ در خاک وجود داشت (۱۸). تیواری و همکاران (۲۲) نتیجه گرفتند که در نیشکر ارقامی که سدیم بیشتری را در اندام هوایی تجمع داده بودند، کاهش بیشتری در رشد، عملکرد و کیفیت شیره داشته‌اند. افزایش فراوانی کاتیون‌هایی مثل سدیم و منگنز و آنیون‌هایی مثل کربنات، بی‌کربنات، کلرید و سولفات در آب و خاک رشد گیاه نیشکر و کیفیت شیره آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۱). محققین مختلفی به آثار تغذیه‌ای و کاهش عناصر غذایی در نیشکر به علت افزایش شوری خاک اشاره کرده‌اند (۱۹، ۲۵) و وجود رابطه آنتاگونیستی بین یون‌های Na^+ و Ca^{2+} را در این گیاه گزارش نمودند (۸). تیواری و همکاران (۲۲) نشان دادند که با افزایش شوری خاک میزان یون‌های کلسیم و پتاسیم در همه واریته‌های مورد آزمایش نیشکر کاهش یافت، اما یون سدیم افزایش یافت. تغییرات در مقدار عناصر غذایی در نیشکر نقش حیاتی برای تحمل به شوری در تمام طول دوره رشد دارد و تنظیم موثر عناصر غذایی یک استراتژی مهم در تحمل به شوری گونه‌های مختلف می‌باشد (۴). این مطالعه به منظور بررسی تحمل به شوری در ارقام تجاری و امید بخش نیشکر، ارزیابی صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به شوری یا شناخت صفات مؤثر در مکانیزم تحمل به شوری در گیاه نیشکر در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۸ رقم نیشکر شامل ارقام CO-1148 (رقم امیدبخش)، CP48-103 (رقم تجاری)، CP65-392 (رقم تجاری)، CP70-321 (رقم امیدبخش)، CP72-2086 (رقم امیدبخش)، CP82-1592 (رقم امیدبخش)، NCO-310 (رقم تجاری) و SP70-1143 (رقم امیدبخش) استفاده شد. مواد ژنتیکی از مرکز تحقیقات نیشکر وابسته به شرکت توسعه نیشکر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

و صنایع جانبی واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب اهواز در اسفند ماه ۱۳۸۰ تهیه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (با حداقل دما ۲۵ و حداکثر ۳۵ درجه سانتی‌گراد) انجام گردید. در این آزمایش تیمار شوری با ۴ سطح (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) نمک طعام (NaCl) و رقم با ۸ سطح، فاکتورهای مورد مطالعه بودند. کلون‌های ارقام مورد نظر پس از چیدن از مزرعه با سموم قارچ‌کش (بنومیل ۱/۱۰۰۰ با ماده موثر ۵۰٪ و فولیکور ۱/۱۰۰۰ با ماده موثر ۲۵٪) ضدعفونی شدند. پس از انتقال قلمه‌ها به گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، قلمه‌ها به قطعات تک جوانه‌ای تقسیم شدند. سپس این قطعات در گلدان‌های پلاستیکی جوانه‌زنی حاوی ۱/۲ ماسه، ۱/۴ خاک، ۱/۴ کود حیوانی و خاک برگ پوسیده در گلخانه کشت شدند. تعداد قطعات بذری تک جوانه‌ای کشت شده برای هر رقم ۴ تا ۵ برابر بیشتر از تعداد مورد نیاز بود. علت این امر دسترسی به گیاهچه‌های یک‌نواخت در هنگام انتقال به محیط هیدروپونیک بود. پس از جوانه‌زنی و سبز شدن قلمه‌ها گیاهانی که ۲ برگ کامل داشتند و از لحاظ ظاهری مشابه هم بودند در تاریخ ۲۰ اسفندماه ۱۳۸۰ به محیط هیدروپونیک حاوی محلول غذایی منتقل شدند. محلول غذایی براساس روش تانیموتو (Tanimoto) (۲۰) تهیه گردید. پس از انتقال گیاهچه‌ها به ظروف (۷ لیتری) کشت هیدروپونیک جهت سازگاری با محلول غذایی و اطمینان از رشد در این شرایط گیاهچه‌ها به مدت سه هفته نگه‌داری شدند. سپس تیمارهای شوری اعمال گردید (۱۵ فروردین ۱۳۸۱). جهت جلوگیری از ورود تنش به گیاهان اعمال تیمارهای شوری به صورت تدریجی و در طول ۶ روز انجام گردید. به منظور حفظ غلظت‌های نمک و مواد غذایی، محلول‌ها هر دو هفته یک‌بار تعویض می‌شدند. در طول آزمایش pH محلول غذایی به طور روزانه وEC به طور هفتگی تنظیم گردید. برای تنظیم EC، میزان تبخیر از ظروف آزمایش و میزان مصرف محلول غذایی توسط گیاه اندازه‌گیری شد و بر همین اساس مقداری آب مقطر و محلول غذایی پایه به ظروف آزمایش افزوده گردید و سپس به وسیله دستگاه، EC محلول اندازه‌گیری و در صورت نیاز مقداری محلول نمک اضافه شد. محلول غذایی در طول روز به وسیله پمپ هوا تهویه گردید. با برداشت گیاهان در تاریخ اول تیرماه ۱۳۸۱، مقدار عناصر کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت‌های پتاسیم به سدیم و سدیم به کلسیم مورد بررسی قرار گرفتند. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (Flame photometer)، عنصر کلسیم به وسیله دستگاه اتمیک ابزوربشن (Atomic absorption spectrophotometer) و میزان کلر از طریق تیتراسیون نیترات نقره در مجاورت معرف کرومات پتاسیم به دست آمد (۳). تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزار آماری اس .ا .اس (SAS) انجام گرفت.

نتایج و بحث

در این آزمایش رقم CP65-392 در همه تیمارهای شوری از بین رفت. هم‌چنین ارقام CO-1148، SP70-1143 و CP70-321 در تیمار شوری ۰/۷۵ درصد نمک NaCl از بین رفتند. بدین ترتیب تجزیه واریانس داده‌ها با ۷ رقم و در ۳ سطح شوری انجام گردید (جدول۱). برای ۴ رقم باقی‌مانده در سطح شوری ۰/۷۵ درصد نمک NaCl نیز یک تجزیه واریانس جداگانه با ۴ رقم و ۴ سطح شوری صورت گرفت (جدول۲).

۱. انباشتگی یون کلر

در میان ارقام و در کل سطوح شوری، رقم SP70-1143 بیشترین مقدار کلر و رقم‌های CP72-2086 وCO-1148 کمترین میزان کلر در برگ را داشتند (جدول ۳). در بین ۴ رقم زنده مانده در شوری زیاد (۰/۷۵ درصد نمک)، رقم CP48-103 بیشترین کلر در برگ و رقم NCO-310 کمترین کلر در برگ را داشتند (جدول ۴). بیشترین میزان کلر در ریشه متعلق به ارقام SP70-1143 و CP82-1592 و کمترین میزان آن متعلق به رقم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ۱. تجزیه واریانس محتوای عناصر۷ رقم نیشکر در ۳ سطح ۰ ، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد NaCl

منابع تغییر	درجه آزادی	کلر برگ	کلر ریشه	نسبت کلر برگ به ریشه	سدیم برگ	سدیم ریشه	نسبت سدیم برگ به ریشه	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	نسبت پتاسیم برگ به ریشه	نسبت پتاسیم سدیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	کلسیم برگ	کلسیم ریشه	نسبت کلسیم برگ به ریشه	نسبت سدیم به کلسیم برگ	نسبت سدیم به کلسیم ریشه
رقم	۶	۰/۱۲۶**	۰/۰۵۰**	۰/۵۰۳**	۰/۲۲۵**	۰/۰۳۵**	۰/۲۲۰**	۰/۳۴۲**	۰/۳۲۹**	۰/۳۰۲**	۱/۰۲۶**	۰/۱۵۰**	۰/۰۳۰**	۰/۰۲۷**	۱۴/۲۱۴**	۲۸/۵۶**	۱۱۰/۰۰**
شوری	۲	۱/۷۰۵**	۰/۷۱۲**	۰/۰۰۳ ^{ns}	۷/۹۶۸**	۹/۵۱۸**	۰/۹۱۷**	۰/۳۰۱**	۲۱/۶۷۰**	۰/۴۴۵**	۹۸/۶۷**	۱۰۷/۶۹**	۰/۰۱۱**	۰/۰۰۵**	۲/۸۸۰**	۳۲۶/۰۸**	۱۱۵۴/۶۶**
رقم × شوری	۱۲	۰/۰۴۹**	۰/۰۱۹**	۰/۳۸۶**	۰/۱۸۴**	۰/۰۷۸**	۰/۲۷۴**	۰/۱۴۶**	۰/۵۴۶**	۰/۱۹۵**	۰/۷۶۸**	۰/۰۹۸**	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۵**	۳/۰۸۶**	۹/۳۲**	۳۴/۴۲**
خطا	۴۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۴۰	۰/۰۰۸	۰/۰۴۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۲۸	۰/۲۲۲	۱/۴۷۲

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۲. تجزیه واریانس محتوای عناصر ۴ رقم نیشکر در ۴ سطح ۰ ، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد NaCl

منابع تغییر	درجه آزادی	کلر برگ	کلر ریشه	نسبت کلر برگ به ریشه	سدیم برگ	سدیم ریشه	نسبت سدیم برگ به ریشه	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	نسبت پتاسیم برگ به ریشه	نسبت پتاسیم سدیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	کلسیم برگ	کلسیم ریشه	نسبت کلسیم برگ به ریشه	نسبت سدیم به کلسیم برگ	نسبت سدیم به کلسیم ریشه
رقم	۳	۰/۰۵**	۰/۰۴**	۰/۹۲**	۰/۶۷**	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۴۱**	۰/۴۹**	۰/۴۵**	۰/۱۵**	۱/۲۸**	۰/۰۹**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۴**	۱۸/۲۴**	۲۷/۲۱**	۲۲۴/۱**
شوری	۳	۱/۲۱**	۰/۵۳**	۰/۰۲ ^{ns}	۵/۹۰**	۵/۴۸**	۰/۷۳**	۰/۴۱**	۱۲/۸۰**	۹/۰۳**	۴۵/۴۷**	۵۱/۶۳**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۷**	۱/۸۷**	۲۲۸/۸۱**	۱۲۳۴/۹**
رقم × شوری	۹	۰/۰۹**	۰/۰۲**	۰/۰۲۲**	۰/۲۱**	۰/۰۲۵*	۰/۱۷**	۰/۰۷**	۰/۶۲**	۰/۱۱**	۰/۸۰**	۰/۰۷**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۴**	۳/۷۸**	۵/۶۶**	۷۳/۴**
خطا	۳۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۱۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۷	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۴۷	۰/۳۰۵	۶/۵۵۷

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار ** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

جدول ۳. مقایسه میانگین محتوای کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت‌های پتاسیم به سدیم و سدیم به کلسیم ۷ رقم نیشکر در ۳ سطح تیمار شوری نمک NaCl

ارقام	کلر برگ (./ماده خشک)	کلر ریشه (./ماده خشک)	نسبت کلر برگ به ریشه	سدیم برگ (./ماده خشک)	سدیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت سدیم برگ به ریشه	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	پتاسیم برگ (./ماده خشک)	پتاسیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت پتاسیم برگ به ریشه	کلسیم برگ (./ماده خشک)	کلسیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت کلسیم برگ به ریشه	نسبت سدیم به کلسیم برگ	نسبت سدیم به کلسیم ریشه
CO 1148	۰/۶۰ c	۰/۴۰ d	۱/۷۰ b	۰/۸۳ a	۰/۹۵ a	۰/۸۹ a	۱۱/۲ b	۸/۹۲ b	۱/۶۰ ab	۱/۵۹ c	۱/۱۱ b	۰/۱۱ f	۰/۲۴ a	۰/۵۰ e	۷/۳۴ a	۴/۸۳ e
CP 82-1592	۰/۷۱ b	۰/۵۵ a	۱/۲۵ e	۰/۷۸ ab	۰/۸۹ a	۰/۷۴ b	۱۱/۳ ab	۸/۷ b	۱/۶۷ a	۱/۵۸ c	۱/۳۳ a	۰/۲۸ a	۰/۰۷ d	۴/۵۳ a	۲/۶۶ ef	۱۶/۱۸ a
CP 48-103	۰/۷۱ b	۰/۳۷ d	۱/۹۲ a	۰/۳۹ e	۰/۸۴ bc	۰/۴۹ c	۹/۸ ab	۱۰/۱ a	۱/۵۶ bc	۱/۸۱ b	۱/۰۶ b	۰/۱۹ c	۰/۰۹ b	۱/۶۰ d	۲/۸۷ e	۷/۶۴ d
CP 72-2086	۰/۵۷ c	۰/۴۱ cd	۱/۳۷ de	۰/۷۹ a	۰/۷۷ c	۰/۹۱ a	۶/۱ c	۸/۰ b	۱/۱۷ e	۱/۵۶ c	۰/۹۰ d	۰/۱۷ d	۰/۰۹ c	۱/۹۳ c	۵/۳۶ b	۷/۹۱ d
SP 70-1143	۰/۹۳ a	۰/۵۵ a	۱/۶۲ cb	۰/۷۲ bc	۰/۸۸ ab	۰/۷۴ b	۶/۵ c	۸/۵ b	۱/۲۰ e	۱/۵۹ c	۰/۹۷ cd	۰/۱۵ e	۰/۰۹ c	۱/۶۶ d	۴/۹۰ c	۹/۴۰ bc
CP 70-321	۰/۶۹ b	۰/۵۱ ab	۱/۳۳ e	۰/۵۴ d	۰/۸۳ bc	۰/۵۶ c	۱۰/۳ b	۶/۸ c	۱/۵۰ c	۱/۵۵ c	۱/۴۰ a	۰/۲۶ b	۰/۱۰ c	۲/۷۱ b	۲/۴۱ f	۸/۲۹ cd
NCO-310	۰/۶۳ bc	۰/۴۳ bc	۱/۴۹ cd	۰/۷۱ c	۰/۷۹ c	۰/۶۹ b	۱۴/۳ a	۹/۵ ab	۱/۳۷ d	۲/۰۶ a	۱/۰۵ bc	۰/۱۶ e	۰/۱۲ b	۱/۷۳ d	۴/۲۳ d	۹/۹۲ b
LSD	۰/۰۸۵	۰/۰۶۹	۰/۱۴۶	۰/۰۶۱	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۱۹۹	۰/۱۴۷	۰/۰۸۰	۰/۱۹۰	۰/۰۸۸	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۹۲	۰/۱۵۹	۰/۴۴۹	۱/۱۵

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین محتوای کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و نسبت‌های پتاسیم به سدیم و سدیم به کلسیم ۴ رقم نیشکر در ۴ سطح تیمار شوری نمک NaCl

ارقام	کلر برگ (./ماده خشک)	کلر ریشه (./ماده خشک)	نسبت کلر برگ به ریشه	سدیم برگ (./ماده خشک)	سدیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت سدیم برگ به ریشه	نسبت پتاسیم به سدیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	پتاسیم برگ (./ماده خشک)	پتاسیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت پتاسیم برگ به ریشه	کلسیم برگ (./ماده خشک)	کلسیم ریشه (./ماده خشک)	نسبت کلسیم برگ به ریشه	نسبت سدیم به کلسیم برگ	نسبت سدیم به کلسیم ریشه
CP 82-1592	۰/۷۷ b	۰/۶۱ a	۱/۲۵ c	۰/۹۴ c	۱/۰۹ a	۰/۷۶ b	۸/۸ a	۶/۶ b	۱/۷۱ a	۱/۳۴ b	۱/۷۴ a	۰/۲۶ a	۰/۰۷ c	۴/۲۸ a	۳/۶۵ d	۱۹/۰۱ a
CP 48-103	۰/۸۶ a	۰/۴۶ c	۱/۹۰ a	۰/۵۶ d	۱/۰۴ ab	۰/۵۳ c	۷/۸ a	۷/۷ a	۱/۶۴ b	۱/۵۹ a	۱/۳۱ b	۰/۱۶ c	۰/۱۱ a	۱/۵۸ d	۴/۴۷ c	۱۱/۱۹ c
CP 72-2086	۰/۸۰ bc	۰/۵۳ b	۱/۴۵ b	۱/۱۰ a	۱/۰۰ b	۰/۹۸ a	۴/۸ b	۶/۱ b	۱/۲۶ d	۱/۳۳ b	۱/۳۱ b	۰/۱۷ b	۰/۰۹ b	۱/۸۷ c	۶/۸۱ a	۹/۸۶ c
NCO-310	۰/۷۰ c	۰/۵۳ b	۱/۴۳ b	۱/۰۲ b	۱/۰۳ ab	۰/۸۰ b	۱۰/۹ a	۷/۰ ab	۱/۴۵ c	۱/۷۲ a	۱/۴۰ b	۰/۱۶ d	۰/۱۱ a	۲/۰۸ b	۶/۳۴ b	۱۶/۴۳ b
LSD	۰/۰۷۳	۰/۰۵۲	۰/۱۲۳	۰/۰۶۵	۰/۰۷۹	۰/۰۷۸	۰/۱۷۴	۰/۱۰۷	۰/۰۶۱	۰/۱۷۰	۰/۰۹۵	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۶۸	۰/۱۸۰	۰/۴۶۰	۲/۱۲۹

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

CP48-103 بود. رقم CP48-103 بیشترین نسبت کلر برگ به ریشه و رقم‌های CP82-1592 و CP70-321 کمترین مقدار این نسبت را داشتند (جدول‌های ۳ و۴).

در محیط بدون نمک اختلاف معنی‌داری بین ارقام از لحاظ میزان کلر در برگ وجود نداشت (شکل۱- الف). در محیط شوری کم (۰/۲۵ درصد NaCl) رقم‌های CP72-2086 و SP70-1143 به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کلر در برگ را داشتند. در محیط شوری متوسط (۰/۵ درصد NaCl) رقم‌های CO-1148 و SP70-1143 به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کلر در برگ را داشتند. در حالی که در محیط شوری زیاد (۰/۷۵ درصد NaCl) کمترین و بیشترین میزان کلر در برگ متعلق به NCO-310 و CP72-2086 بود (شکل ۱- الف).

محتوای کلر در رقم NCO-310 با افزایش سطوح شوری از متوسط به زیاد ثابت ماند، که احتمالاً نشان دهنده توانایی این رقم برای جلوگیری از ورود یون سمی کلر به درون گیاه است. بنابراین، یکی از مکانیزم‌های احتمالی در گیاه نیشکر برای جلوگیری از آثار سمیت یونی تنش شوری جذب کمتر عنصر سمی کلر در ارقام متحمل می‌باشد. مکانیزم دیگر مشاهده شده، انتقال کمتر یون سمی کلر به قسمت‌های هوایی گیاه بود. این مکانیزم در رقم CP82-1592 با داشتن کمترین نسبت کلر برگ به ریشه (شکل۱- ب)، دیده شد. به علاوه این رقم احتمالاً دارای مکانیزم اول نیز بود. به طوری که میزان کلر در برگ و ریشه آن با افزایش سطوح شوری از کم به متوسط ثابت ماند. ارقام CP72-2086 و NCO-310 نیز از مکانیزم دوم استفاده نموده‌اند، اما نسبت به رقم CP82-1592 توانایی ضعیف‌تری داشتند. رقم CP70-321 با وجود داشتن نسبت کلر برگ به ریشه کمتر به دلیل بالا بودن میزان جذب کلر (میزان بالای کلر در برگ و ریشه) نتوانست در مقابل آثار سمی یون کلر مقاومت نموده و در سطوح شوری زیاد از بین رفت.

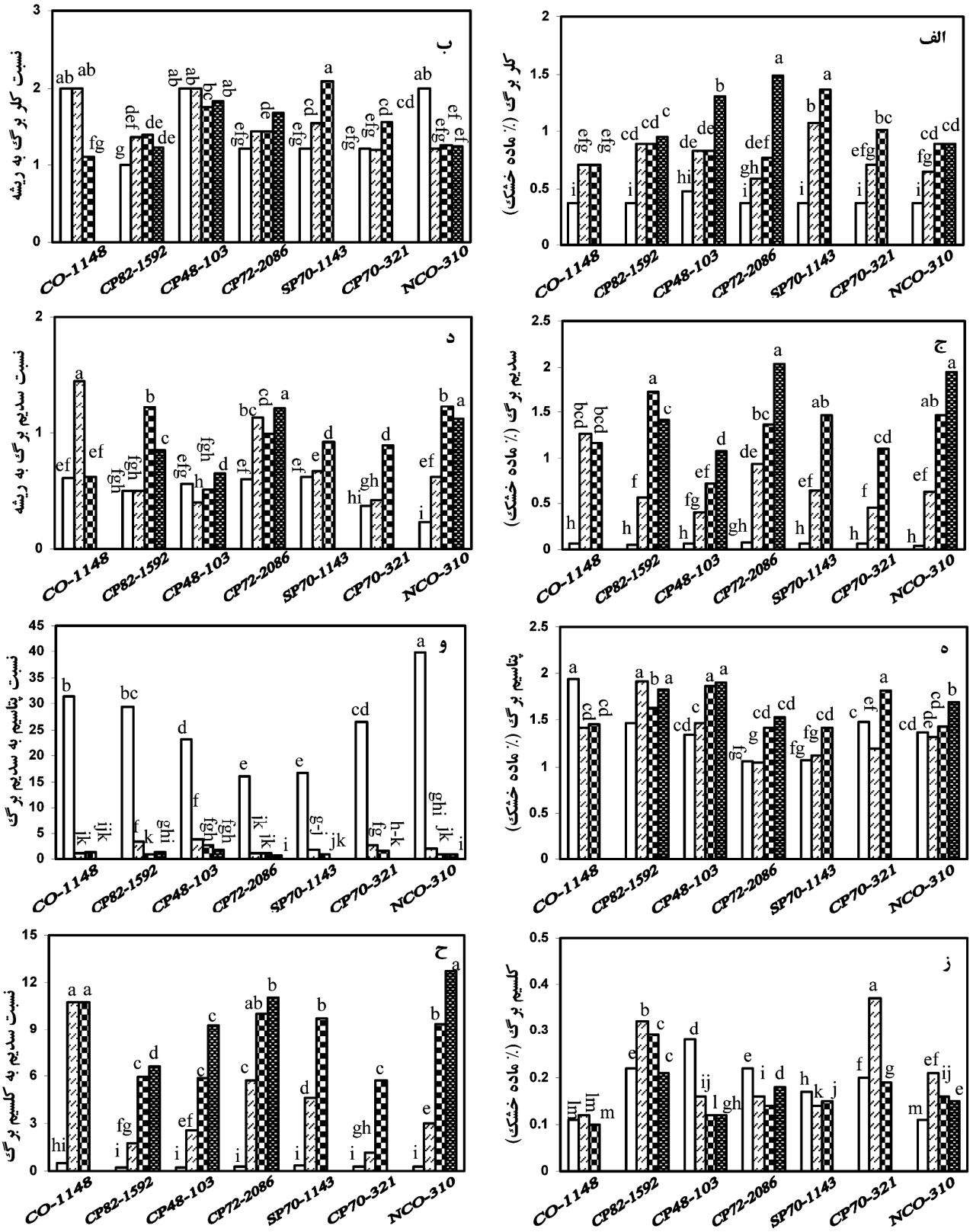
معنی‌دار نشدن اثر شوری برای نسبت کلر برگ به ریشه (جدول‌های ۱ و ۲) نشان دهنده توانایی گیاه نیشکر در حفظ نسبت کلر برگ به ریشه با افزایش میزان شوری در محیط کشت می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان گفت که این صفت بیشتر تحت کنترل ژنتیکی است و می‌توان از آن به عنوان شاخصی مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در کنار جذب کمتر یون کلر استفاده کرد. رام و همکاران (۱۷) قابلیت توارث بالایی (۹۴-۷۴ درصد) برای میزان غلظت‌های عناصر Na^+، K^+ و Cl^- در شیره نی را گزارش نمودند که بیان کننده آثار کمتر محیط بر تظاهر این صفات بوده و هم‌چنین موثر بودن انتخاب بر اساس چنین صفاتی را نشان می‌دهد. در ضمن آنها به اهمیت مکانیزم‌های جذب و نگه‌داری (Retention) یون‌ها توسط ساقه نیشکر در شرایط شور اشاره کرده‌اند. در مطالعه دیگری نشان داده شد که ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری ورود یون Cl^- به درون گیاه را کنترل کرده و مقادیر بیشتری یون‌های K^+ و Ca^{2+} را در گیاه نگه‌داری می‌کنند (۴ و ۲۵). با افزایش سطوح شوری محتوای کلر در برگ و ریشه ارقام مورد آزمایش افزایش یافت. گزارشات مختلف (۶، ۱۴، ۲۱ و ۲۵) ضمن اشاره به آثار مضر یون کلر در گیاه نیشکر نشان دادند که با افزایش میزان شوری در محیط کشت محتوای یون کلر در این گیاه افزایش یافت. اختر و همکاران (۴) اختلاف معنی‌داری را برای محتوای کلر اندام هوایی و ریشه در ژنوتیپ‌های نیشکر گزارش دادند. آنها بیان کردند که با افزایش شوری غلظت یون Cl^- به طور خطی افزایش یافت. اما این افزایش در رقم حساس بیشتر بود. در گزارش دیگری نشان داده شد که کاهش رشد نیشکر با غلظت Cl^- در برگ مرتبط بوده و بیان گردید که یون Cl^- از جذب N و P جلوگیری می‌کند (۲۱). علاوه بر این غلظت‌های بالای یون Cl^- در گیاه مانع تولید شکر می‌شود(۷).

۲. انباشتگی یون سدیم

کمترین میزان سدیم برگ در بین ارقام متعلق به رقم CP48-103 و بیشترین میزان آن متعلق به ارقام CP72-2086 و CO-1148 بود. در مورد ریشه نیز کمترین میزان سدیم در بین ارقام متعلق به رقم‌های CP72-2086 و NCO-310 و بیشترین میزان آن متعلق به ارقام CO-1148 و CP82-1592 بود. البته در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]



شکل ۱. محتوی عناصر ارقام نیشکر در مرحله ابتدای رشد رویشی در تیمارهای شوری ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد نمک **NaCl**.

ستون‌های حذف شده نشان دهنده از بین رفتن ارقام در آن سطوح شوری می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

مقایسه ۴ رقم در ۴ سطح شوری اختلاف معنی‌داری برای سدیم ریشه در بین ارقام زنده مانده در شوری زیاد وجود نداشت. رقم‌های CP48-103 و CP70-321 کمترین نسبت سدیم برگ به ریشه و رقم‌های CP72-2086 و CO-1148 بیشترین نسبت آن را دارا بودند (جدول‌های ۳ و ۴). در محیط بدون نمک ارقام از نظر محتوای سدیم برگ و ریشه تفاوتی نداشتند. در محیط شوری کم، کمترین میزان سدیم برگ را ارقام CP48-103 و CP70-321 داشتند. در شوری‌های متوسط و زیاد نیز کمترین میزان سدیم برگ را رقم CP48-103 دارا بود (شکل ۱- ج). از نظر نسبت سدیم برگ به ریشه در محیط بدون نمک، رقم NCO-310 و در سایر سطوح شوری رقم CP48-103 کمترین نسبت سدیم برگ به ریشه را دارا بودند (شکل ۱- د).

رقم CP48-103 با داشتن کمترین میزان یون سدیم در برگ و میزان نسبتاً پایین در ریشه احتمالاً دارای پتانسیل ژنتیکی در جلوگیری از ورود یون سدیم به گیاه می‌باشد. هم‌چنین این رقم دارای کمترین نسبت سدیم برگ به ریشه بود که نشان دهنده توانایی این رقم در ممانعت از انتقال یون مضر سدیم به اندام‌های هوایی می‌باشد. رقم NCO-310 در محیط‌های بدون نمک و شوری کم دارای محتوای سدیم برگ و ریشه نسبتاً پایین و نسبت سدیم برگ به ریشه پایین در مقایسه با سایر ارقام بود. با این وجود با افزایش شوری میزان جذب سدیم و میزان انتقال آن به اندام‌های هوایی به سرعت افزایش یافت، که منجر به کاهش رشد و عملکرد در سطوح شوری متوسط و زیاد گردید. رقم CP72-2086 دارای بیشترین میزان سدیم برگ، کمترین میزان سدیم در ریشه بود. بعلاوه نسبت سدیم برگ به ریشه در این رقم از سایر ارقام بیشتر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر چند این رقم دارای توانایی ممانعت از انتقال یون‌های مضر به اندام‌های هوایی نمی‌باشد ولی احتمالاً از مکانیزم دیگری (توزیع یون‌ها) برای مقابله با شوری بهره می‌گیرد. بدین ترتیب که این رقم با تولید تعداد برگ بیشتر و تعداد پنجه بیشتر نسبت به سایر ارقام (۱)، توانایی انتقال یون مضر سدیم به برگ‌های پیر و پنجه‌ها را دارد. بدین ترتیب برگ‌های جوان و فتوسنتز کننده خود را از آثار مضر یون سدیم مصون نگاه می‌دارد. وضعیت مشابهی نیز برای رقم CP82-1592 با شدت کمتر وجود دارد. توانایی گیاه نیشکر در توزیع یون‌های مضر در بین پنجه‌ها و برگ‌های بیشتر، توسط شمیلی (۲) نیز گزارش شده است.

اختر وهمکاران (۴) تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد برای محتوای سدیم برگ و ریشه ژنوتیپ‌های نیشکر گزارش دادند. در مطالعه آنها با وجود افزایش خطی غلظت یون Na^+ با افزایش شوری، نشان داده شد که ژنوتیپ‌های متحمل ورود یون Na^+ به درون گیاه را محدود کردند. در گزارش دیگری نشان داده شد که غلظت یون Na^+ در غلاف برگ‌های نیشکر با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری افزایش یافت (۱۹). افزایش بیش از ۳ برابر غلظت یون Na^+ در شرایط سدیمی خاک در گیاهان نیشکر گزارش شده است (۸). یون‌های Na^+ دارای آثار بازدارنده رشد بیشتری نسبت یون‌های Cl^- می‌باشند (۴). تیواری و همکاران (۲۲) نیز گزارش دادند که محتوای یون سدیم گیاهان نیشکر با افزایش شوری یافت. آنها نتیجه گرفتند که واریته‌هایی که سدیم بیشتری را تجمع داده بودند، کاهش بیشتری در رشد، عملکرد و کیفیت شیره داشتند. در مطالعه دیگری نشان داده شد که محتوای Na^+ برگ بالاتر از ۰/۰۴ درصد در برگ‌های نیشکر در طول مدت مرحله رشد سریع برای گیاه سمی است (۸). با توجه به این که غلظت سدیم در مطالعه ما در تیمارهای شوری بیش از ۰/۴ درصد بود، بدین ترتیب سمیت یون Na^+ برای ارقام مورد آزمایش وجود داشته است.

۳. انباشتگی یون پتاسیم

بیشترین محتوای پتاسیم در برگ را رقم CP82-1592 و کمترین میزان آن را رقم‌های CP72-2086 و SP70-1143 داشتند. اما رقم NCO-310 بیشترین میزان پتاسیم در ریشه را دارا بود. بیشترین نسبت پتاسیم برگ به ریشه متعلق به ارقام CP82-1592 و CP70-321 و کمترین میزان آن متعلق به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

CP72-2086 بود (جدول‌های ۳ و ۴). رقم CO-1148 در محیط بدون نمک، رقم CP82-1592 در محیط شوری کم، رقم‌های CP48-103 و CP70-321 در شوری متوسط و رقم‌های CP48-103 و CP82-1592 در شوری زیاد بیشترین مقدار پتاسیم در برگ را داشتند (شکل ۱-هـ). با افزایش سطوح شوری مقدار پتاسیم در برگ بیشتر ارقام به تدریج افزایش یافت و میزان پتاسیم در ریشه بشدت کاهش یافت. اما نسبت پتاسیم برگ به ریشه به‌شدت افزایش یافت.

فوگلیتا (به نقل از ۱۴) تفاوت معنی‌داری را برای یون پتاسیم در شرایط شوری در گیاه نیشکر گزارش داد. در مطالعات دیگر غلظت یون پتاسیم با افزایش شوری در ارقام مختلف نیشکر کاهش یافت (۱۹ و ۲۲). در حالی که برنستین (۶) گزارش داد که در شوری متوسط، میزان یون K^+ در اندام هوایی افزایش یافته است. اختر و همکاران (۴) نیز تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را در ریشه و اندام هوایی گیاه نیشکر گزارش دادند. هم‌چنین وحید و همکاران (۲۴) تفاوت معنی‌دار برای محتوای یون K^+ و اثر متقابل رقم در شوری برای ژنوتیپ‌های نیشکر مورد آزمایش در شرایط تنش شوری گزارش دادند. ژنوتیپ‌های مقاوم دارای یون K^+ بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بودند. یون‌های پتاسیم و کلسیم می‌توانند آثار سمی یون‌های سدیم و کلر را تعدیل کرده و ژنوتیپ‌های متحمل را قادر به رشد بهتر در شرایط شور کنند (۴). علاوه براین، نقش یون پتاسیم برای تنظیم و تولید پروتئین در گیاه نیشکر حیاتی می‌باشد (۲۵). فلاورز و همکاران (۹) تأکید نمودند که مقدار K^+ گیاه در غلظت‌های بالای نمک یک مزیت است و می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به شوری به کار رود.

۴. نسبت پتاسیم به سدیم

در میان ارقام، رقم‌های NCO-310، CP82-1592 و CP48-103 بالاترین و رقم‌های CP72-2086 و SP70-1143 کمترین نسبت پتاسیم به سدیم در برگ را داشتند. در ریشه نیز بیشترین مقدار این نسبت متعلق به ارقام CP48-103 و NCO-310 و کمترین مقدار آن متعلق به رقم CP70-321 بود (جدول‌های ۳ و ۴). با افزایش سطوح شوری نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه کاهش یافت. در محیط بدون شوری رقم NCO-310 بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم در برگ را داشت. بیشترین مقدار نسبت پتاسیم به سدیم در محیط شوری کم در برگ متعلق به ارقام CP48-103 و CP82-1592 و در محیط‌های شوری متوسط و زیاد متعلق به رقم CP48-103 بود (شکل ۱- و).

رقم CP48-103 در ریشه و برگ دارای بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم بود. این رقم همانطور که قبلاً ذکر شد دارای کمترین جذب سدیم در محیط‌های شور و از طرف دیگر دارای مکانیزم ممانعت از انتقال سدیم به اندام‌های هوایی بود. بعلاوه این رقم در شوری‌های متوسط و زیاد دارای بالاترین مقدار پتاسیم در برگ بود. مجموعه این ویژگی‌ها باعث شده است که این رقم دارای بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه باشد.

رقم NCO-310 در محیط بدون نمک دارای بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه بود. این رقم دارای کمترین مقدار سدیم در برگ و بیشترین مقدار پتاسیم در ریشه در محیط بدون نمک بوده است. به همین دلیل در محیط بدون نمک بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم را دارا بود. رقم CP82-1592 در سطوح شوری کم دارای نسبت پتاسیم به سدیم بالا بود. این رقم در شوری کم نیز دارای بالاترین محتوای پتاسیم در برگ‌ها بود. این ویژگی به همراه داشتن خصوصیت دفع یون‌های سدیم به برگ‌های پیر و پنجه‌ها باعث شده که این رقم در سطوح شوری کم دارای نسبت پتاسیم به سدیم بالایی باشد. رقم CP72-2086 با وجود داشتن نسبت پتاسیم به سدیم پایین در اندام هوایی به دلیل داشتن خصوصیت دفع یون‌های سدیم به برگ‌های پیر و توزیع این یون‌ها در بین تعداد برگ بیشتر و تعداد پنجه بیشتر، توانسته است در مقابل آثار شوری مقاومت نموده و تولید بالاترین وزن خشک کل در سطوح شوری بالا را بنماید (۱).

اختر و همکاران (۴) تفاوت معنی‌دار در ژنوتیپ‌ها در سطح یک درصد برای نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه را

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

گزارش نمودند. آنها بیان کردند اگرچه نسبت پتاسیم به سدیم با افزایش سطوح شوری کاهش یافت، اما ژنوتیپ مقاوم دارای نسبت پتاسیم به سدیم بیشتری بود. وحید و همکاران (۲۴) نیز نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری در لاین مقاوم نسبت به لاین حساس در نیشکر را مشاهده کردند. آنها گزارش نمودند که لاین مقاوم سدیم کمتر و پتاسیم بیشتر نسبت به لاین حساس داشته و این لاین وضعیت این یون‌ها را در ریشه برای انتقال بعدی به ساقه تنظیم نموده است. بدین ترتیب که لاین مقاوم سدیم بیشتری را در ریشه نسبت به اندام هوایی نگه‌داری کرده است.

۵. انباشتگی یون کلسیم

در بین ارقام مورد آزمایش رقم CP82-1592 بیشترین و رقم CO-1148 کمترین مقدار کلسیم برگ را داشتند. در ریشه نیز بیشترین مقدار کلسیم متعلق به رقم CO-1148 و کمترین مقدار مربوط به رقم CP82-1592 بود. در بین ارقام باقی‌مانده در سطح شوری زیاد رقم‌های CP48-103 و NCO-310 بیشترین مقدار کلسیم در ریشه را داشتند. رقم CP82-1592 و CO-1148 به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت کلسیم برگ به ریشه را دارا بودند (جدول‌های ۳ و۴). در محیط بدون شوری رقم CP48-103، در محیط شوری کم رقم CP70-321 و در شوری متوسط و زیاد رقم CP82-1592 بیشترین کلسیم برگ را داشتند (شکل ۱- ز).

رقم CP82-1592 دارای میزان کلسیم بالایی در برگ و میزان کلسیم پایین در ریشه بود به همین دلیل نسبت کلسیم برگ به ریشه بالایی داشت. گزارش‌های مختلفی (۸، ۱۹ و ۲۲) کاهش محتوای کلسیم ارقام مختلف نیشکر را با افزایش سطوح شوری گزارش نمودند. وحید و همکاران (۲۴) تفاوت معنی‌دار برای محتوای کلسیم ساقه در لاین‌ها و سطوح شوری و اثر متقابل لاین در شوری را گزارش دادند. آنها بیان کردند که در سطوح شوری کم (۷ دسی زیمنس) ژنوتیپ مقاوم محتوای کلسیم بیشتری نسبت به سطح شاهد (بدون نمک) جذب کرده است. اما در سطوح شوری زیاد مقدار کلسیم کاهش یافت. اختر و همکاران (۴) نیز تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در محتوای یون Ca^{2+} ریشه گزارش کردند. آنها مشاهده نمودند که میزان کاهش Ca^{2+} در رقم متحمل کمتر از ژنوتیپ حساس بوده و نتیجه گرفتند که داشتن محتوای Ca^{2+} و K^{+} بیشتر می‌تواند سمیت ناشی از یون‌های Na^{+} و Cl^{-} را تعدیل کرده و ژنوتیپ مقاوم را قادر به رشد و تولید بیشتر در شرایط شور کند. سگاویا (۱۹) گزارش داد که در شرایط شوری غلظت Ca^{2+} در غلاف برگ زیر حد بحرانی بوده که نشان دهنده کمبود کلسیم می‌باشد. وی غلظت کم Ca^{2+} در غلاف برگ را ناشی از کاهش جذب Ca^{2+} می‌داند و علت جذب کمتر Ca^{2+} را درصد زیاد Na قابل تبادل در خاک می‌داند. دانگ و همکاران[۲] (۸) نیز بیان کردند که ارقام زودرس نیشکر در خاک‌های سدیمی نشانه‌های کمبود Ca^{2+} را نشان دادند به طوری که ژنوتیپ‌های دارای محتوای Ca^{2+} در برگ کمتر یا مساوی ۰/۲۱ درصد وزن خشک نشانه‌های کمبود را نشان دادند. این در حالی است که سایر محققین چنین نشانه‌های را در شرایط شوری برای گیاه نیشکر گزارش نکرده‌اند. کمبود Ca^{2+} در شرایط شوری باعث کاهش سطح فتوسنتزی هر گیاه می‌شود که خود منجر به کاهش نسبی بیشتر عملکرد نی و شکر گردید (۸). کلسیم برای تنظیم فرایندهای غشای سلولی مهم می‌باشد که جذب آن توسط گیاهان (به ویژه نیشکر) در شرایط شور تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد. بنابراین از افزایش این عنصر می‌توان به عنوان شاخصی برای تحمل شوری NaCl استفاده کرد (۲۴).

۶. نسبت سدیم به کلسیم

در میان ارقام مورد آزمایش، رقم CP70-321 و CP82-1592 کمترین و رقم CO-1148 بیشترین نسبت سدیم به کلسیم در برگ را داشتند. رقم CO-1148 کمترین و رقم CP82-1592 بیشترین مقدار نسبت سدیم به کلسیم در ریشه را داشتند (جدول‌های ۳ و۴). با افزایش سطوح شوری نسبت سدیم به کلسیم در برگ و در ریشه به شدت افزایش یافت. در محیط بدون نمک اختلاف معنی‌داری در نسبت سدیم به کلسیم در برگ و ریشه در ارقام مورد آزمایش وجود نداشت (شکل ۱- ح). در شوری کم رقم‌های CP82-1592 و CP70-321، در شوری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

متوسط رقم‌های CP82-1592، CP70-321 و CP48-103 و در شوری زیاد رقم CP82-1592 کمترین نسبت سدیم به کلسیم در برگ را داشتند (شکل ۱- ح).

رقم CP82-1592 کمترین میزان نسبت سدیم به کلسیم در برگ در تمام سطوح شوری را داشت. هم‌چنین در این رقم به دلیل بالا بودن محتوای کلسیم در برگ، نسبت سدیم به کلسیم آن از سایر ارقام کمتر بود. دانگ و همکاران (۸) گزارش دادند که نسبت سدیم به کلسیم در برگ نیشکر رشد یافته در خاک سدیمی معنی‌دار بود. آنها علت حساسیت شدید ارقام غیر متحمل به شوری را به دلیل غلظت بالای Na به همراه غلظت بسیار پایین Ca^{2+} در برگ دانسته و پیشنهاد کردند که تحت شرایط سدیمی غلظت‌های Ca بالا و نسبت سدیم به کلسیم پایین در برگ‌ها می‌تواند به وسیله اصلاح‌گران نیشکر برای انتخاب مناسب برای خاک‌های سدیمی مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

تنش شوری بر محتوای عناصر ارقام مختلف نیشکر تأثیر گذاشت. با افزایش سطوح شوری محتوای کلر در برگ و ریشه ارقام مورد آزمایش افزایش یافت. اما رقم‌های NCO-310 و CP82-1592 احتمالاً با استفاده از مکانیزم‌های جلوگیری از جذب و ممانعت از انتقال یون کلر به اندام‌های هوایی توانستند در مقابل آثار مضر یون کلر مقابله کنند. معنی‌دار نشدن اثر تیمارهای شوری برای نسبت کلر برگ به ریشه نشان داد که میزان انتقال یون کلر از ریشه به اندام‌های هوایی تحت کنترل ژنتیکی بوده و احتمالاً می‌توان از آن به عنوان شاخصی مناسب برای انتخاب ارقام متحمل به شوری در کنار جذب کمتر یون کلر استفاده کرد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم نشان داد که تجمع سدیم در گیاه نسبت به پتاسیم بیشتر بود. با افزایش سطوح شوری میزان جذب سدیم و میزان انتقال آن به اندام‌های هوایی به سرعت افزایش یافت که منجر به کاهش رشد و کاهش عملکرد وزن خشک گردید. با این وجود، رقم CP48-103 احتمالاً با استفاده از مکانیزم‌های جلوگیری از جذب و ممانعت از انتقال یون سدیم به اندام‌های هوایی و رقم‌های CP72-2086 و CP82-1592 نیز احتمالاً با استفاده از مکانیزم توزیع یون سدیم به برگ‌های پیر و پنجه‌ها توانستند در مقابل آثار مضر یون سدیم مقابله کنند. علاوه بر این رقم‌های NCO-310، CP82-1592 و CP48-103 در سطوح شوری مختلف دارای بالاترین نسبت پتاسیم به سدیم بودند. بدین ترتیب جلوگیری از جذب، ممانعت از انتقال و توزیع عناصر مضر کلر و سدیم را می‌توان به عنوان سه مکانیزم مهم در تحمل به تنش شوری در گیاه نیشکر، مورد استفاده قرار داد. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که ارقام NCO-310 (رقم تجاری) و CP82-1592 (رقم امیدبخش) دارای پتانسیل تحمل به تنش شوری همراه با تولید ماده خشک زیادتر در شرایط تنش شوری می‌باشند. این ارقام به عنوان ارقام متحمل علاوه بر جذب کمتر یون‌های مضر کلر و سدیم، وضعیت این یون‌ها را در ریشه برای انتقال بعدی به ساقه تنظیم می‌کنند، بدین ترتیب که مقدار کلر و سدیم بیشتری را در ریشه نسبت به اندام هوایی نگه‌داری می‌کنند.

منابع مورد استفاده

۱. سلطانی‌حویزه، م.، ع.م. میرمحمدی میبدی و ا. ارزانی. ۱۳۸۵. آثار شوری بر رشد رویشی ۸ رقم تجاری و امیدبخش نیشکر. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۱۳: ۵۹ – ۶۷.

۲. شمیلی، م. ۱۳۸۰. بررسی آثار شوری بر جوانه‌زنی گیاه نیشکر. مجله نیشکر ۵۲ : ۲۸-۳۲.

۳. غازان‌شاهی، ج. ۱۳۷۶. *آنالیز خاک وگیاه*. انتشارات هما، تهران.

4. Akhtar, S., A. Wahid and E. Rasul. 2003. Emergence, growth and nutrient composition of sugarcane sprouts under NaCl salinity. Biologia Plantarum 46(1): 13-116.

5. Bernstein, L., L. E. Franconis and R. A. Clark. 1966. Salt tolerance of N.Co. varieties of sugar cane, I. Sprouting,

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]

growth and yield. Agron. J. 58: 489-493.
6. Bernstein, L., L. E. Franconis, R. A. Clark and M.D. Derderian. 1966. Salt tolerance of N.Co. varieties of sugar cane, II. Effects of soil salinity and sprinkling on chemical composition. Agron. J. 58: 503-507.
7. Bernstein, L. and H. E. Haywad. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25-94.
8. Dang, Y. P., A. S. Mehla, R. Chhabra and S. Kumar. 1999. Sodicity induced yield losses and changes in minerals concentration of sugarcane genotypes. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 23rd Congress, pp. 89-97.
9. Flowers, T. J., P. F. Troke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 28: 89-121.
10. Heinz, D. 1987. Sugarcane Improvement through Breeding. Elsevier Sci. Pub., USA.
11. Kumar, R., S. Singh, S. Singh and H. D. Yadav. 1999. Performance of sugarcane genotypes grown under sodic soil. Agric. Water Manag. 41: 1-9.
12. Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol. 2, Academic Press, New York.
13. Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE (IR2). 103: 115-134.
14. Mehrad, B. 1968. Effect of soil salinity on sugarcane cultivation of Haft Tappeh, Iran. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 13th Congress, PP. 90-95.
15. Nelson, P. N. and G. J. Ham. 2000. Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. Field Crop Res. 66: 245-255.
16. Osmond, C. B. 1976. Ion absorption and carbon metabolism in cells of higher plants. PP.65-87. *In*: U. Luttge and M. G. Pitman (Eds.), Encyclopida of Plant Physiology. New series,Vol. 24. Springer-Verlag, Berlin.
17. Ram, B., S. Kumer, B. K. Sahi and B. K. Tripthi. 1999. Traits for selection elite sugarcane clones under water and salt stress conditions. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 23rd Congress, PP. 132-139.
18. Rozeff, N. 1995. Sugarcane and salinity - A review paper. Sugar Cane 5: 8-18.
19. Segovia, A. 1985. Effects of pH, P and irrigation on the yields and mineral composition of sugarcane grown under saline conditions. Proceeding of Inter-American Sugar Cane Seminars, Irrigation and Drainage, Florida, U.S.A., PP. 237-245.
20. Tanimoto, T. T. 1969. Differential physiological response of sugar cane varieties to osmotic pressures of saline media. Crop Sci. 9: 683-688.
21. Thomas, J. R., F. G. Salinas and G. F. Oerther. 1981. Use of saline water for supplemental irrigation of sugarcane. Agron. J. 73: 1011-1017.
22. Tiwari, T. N., R. P. Srivastava and G. P. Sing. 1997. Salinity tolerance in sugarcane cultivars. Sugar Cane 1: 10-14.
23. Valdivia, V. S. 1977. Effect of excess sodium on sugarcane yield. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 16th Congress, PP. 861-866.
24. Wahid, A., A. R. Rao and E. Rasul. 1997. Identification of salt tolerance traits in sugarcane lines. Field Crop Res. 54: 9-17.
25. Wahid, A., E. Rasul and A. R. Rao. 1997. Germination responses of sensitive and tolerant sugarcane lines to sodium chloride. Seed Sci. and Technol. 25: 465-470.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.5.4]