"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲
(ص ۴۷-۲۸)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 12, No.: 2, Summer 2023
(pp: 28-47)
DOI: 10.22092/ijsst.2022.358348.1429
Research Article

بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و توده‌های بومی گندم نان از نظر جوانه‌زنی تحت تنش شوری

سعیده جاوید[۱]، محمدرضا بی همتا[۲*]، منصور امیدی[۳]، علیرضا عباسی[۴]، هادی علی‌پور[۵]

۱. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات دانشگاه تهران
۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران- کرج، ایران.
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج، ایران.
۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران – کرج، ایران.
۵. استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۵)

چکیده

با توجه به تأثیر شوری برجوانه‌زنی بذر، پژوهش حاضر با هدف بررسی تنوع صفات جوانه‌زنی ۹۱ رقم زراعی و ۲۰۴ توده بومی گندم نان به همراه سه رقم شاهد (سیستان، نارین و ارگ) تحت شوری (۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار در ظروف پتری‌دیش انجام شد. تنوع بالایی بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر طول گیاهچه و ساقه‌چه، شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر تحت هر دو شرایط تنش شوری وجود داشت؛ در حالی که انرژی جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی تنوع پایینی داشتند. هم بستگی مثبت و معنی‌داری بین تمام صفات (به جزء هم بستگی ۰/۲۵- طول ریشه‌چه با نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در شاهد) تحت هر سه شرایط (شاهد، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) وجود داشت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها، PC1 و PC2 تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به ترتیب وزن گیاهچه و درصد جوانه‌زنی نام‌گذاری شدند. تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، PC1 و PC2 به ترتیب درصد جوانه‌زنی و وزن گیاهچه نام‌گذاری شدند. نتایج بای‌پلات، توده‌های بومی IP624925، IP628189 و IP624838 به‌همراه ارقام ADL، AFLAK، KHAZAR1 و RIJAW به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید شناسایی شدند. همچنین، توده‌های بومی IP627103، IP626566، IP624596، IP625433 و IP628189 به‌همراه ارقام SHIROODI و DASTJERDI به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید انتخاب شدند. در کل، ژنوتیپ‌های انتخابی بر مبنای تجزیه آماری چندمتغیره به‌عنوان مواد ژنتیکی با پتانسیل تحمل به شوری شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: آماره‌های چند متغیره، ژنوتیپ، شاخص‌های جوانه‌زنی، شوری، گندم

Evaluation of genetic diversity for bread wheat cultivars and landraces in terms of germination under salinity stress

S. Javid[1], M.R. Bihamta[2*], M. Omidi[3], A.R. Abbasi[4], H. Alipour[5]

1. Ph.D. Student, College of Agronomy University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Agronomy and Plant Breeding Dept. University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Professor, Agronomy and Plant Breeding Dept. University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Dept. University of Tehran, Karaj, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Plant production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran.
(Received: Apr. 13, 2022 – Accepted: Jul. 27, 2022)

Abstract

Given the importance of salinity at the germination stage, this study was carried out with the aim of investigating the diversity of germination traits in bread wheat 91 cultivars and 204 landraces along with three control varieties (Sistan, Narin, and Arg) under salinity (60 and 120 mM NaCl) as a factorial experiment in a completely randomized design with two replicates in petri dishes. There was a high diversity between wheat genotypes in terms of shoot and root length of seeding, shoot-to-root length ratio, germination index, and seed vigor under both sat stress conditions; while germination energy and germination percentage had low variation. There was a positive significant correlation between all the traits (except the root length of seeding and the shoot-to-root length ratio) under all three conditions (control, 60 and 120 mM NaCl). From the factor analysis, the PC1 and PC2 under 60 mM NaCl treatment were named as seedling weight and germination percentage, respectively. Under 120 mM NaCl treatment, PC1 and PC2 were named as germination percentage and seedling weight, respectively. Based on the biplot, IP624925, IP628189, and IP624838 landraces and ADL, AFLAK, KHAZAR1, and RIJAW cultivars were identified as superior genotypes under 60 mM NaCl treatment. Moreover, IP627103, IP624596, IP626566, IP625433, and IP628189 landraces and Shiroodi and Dastjerdi cultivars were selected as superior genotypes under 120 mM NaCl treatment. Overall, the selected genotypes were identified as genetic material with the potential of salinity tolerance based on multivariate statistical analysis.

Keywords: Multivariate analysis, Genotype, Germination indicators, Salt, Wheat

* Email: mrghanad@ut.ac.ir

مقدمه

گیاهان عناصر غذایی مورد نیاز خود را به شکل نمک‌های محلول جذب می‌کنند، با این‌حال انباشتگی مازاد نمک‌های مختلف در خاک، سبب بروز تنش شوری و متعاقباً آسیب به فرآیندهای مختلف رشد و نمو گیاه می‌شود (Kaur et al., 2022). بر اساس گزارش‌های مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت[1]، ۸ الی ۱۲ درصد از نواحی تحت کشت و کار گندم به عنوان یکی از غلات مهم در کشورهایی مثل هند، لیبی، مکزیک، پاکستان و ایران متأثر از پیامدهای نامطلوب غلظت‌های بالای نمک می‌باشند (FAO, 2020). با توجه به این مطلب، تنش شوری می‌تواند خسارات چشمگیری به تولید غلات به ویژه گندم در کشور ما و در نتیجه به اقتصاد مبتنی بر کشاورزی وارد آورد (Riahi et al., 2020; Javid et al., 2022).

غلظت‌های بالای نمک اثرات متنوع و متعددی بر فرآیندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفو-فنولوژیکی گیاهان دارد که از جمله آن می‌توان به تضعیف ریشه‌ها، ممانعت از تمایز آوندهای آبکش و چوبی، کاهش سطح برگ‌ها، تغییر در اندازه و تعداد روزنه‌ها اشاره کرد (Ghonaim et al., 2020; Al-Ashkar et al., 2020). همچنین، تنش شوری ابعاد گوناگونی از نمو زایشی مانند گل‌دهی، تکوین بذر، عملکرد و کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Arzani et al., 2016; Bilkis et al., 2016). از سازوکارهای مختلف برای مقابله با غلظت‌های بالای نمک می‌توان به تحمل نسبت بالای سدیم سیتوپلاسمی، بیوسنتز محافظت کننده‌های اسمزی و کده‌بندی درون سلولی و تغییر در فعالیت مسیرهای پیام‌رسانی تنش اشاره داشت (Roy et al., 2014).

جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل حساس زندگی گیاه در غلظت‌های بالای نمک است. تعداد گیاهچه سبز شده تراکم بوته در واحد سطح را تعیین می‌کند و تراکم کافی زمانی به‌دست می‌آید که بذرها به شکل کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (Nazeer et al., 2020). از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، غلظت‌های بالای نمک سبب آسیب‌دیدگی به غشاء سلولی و افزایش تراوایی آن به دلیل جایگزینی کلسیم توسط سدیم می‌شود که در نهایت تغییر در وضعیت یون‌های پتاسیم را به همراه دارد (Munns, 2006). از لحاظ مورفو-فنولوژیکی، تنش شوری باعث تضعیف استقرار گیاهچه می‌شود و از این طریق عملکرد نهایی محصول را به تحت تأثیر قرار می‌دهد (Borlu et al., 2018). تأثیر نامطلوب شوری بر جوانه‌زنی بذر و گیاهچه به خاطر کاهش پتانسیل اسمزی در محیط ریشه و بهم‌خوردن تعادل آبی و کاهش فشار آماس می‌باشد (Namvar et al., 2018; Dadshani et al., 2019). با توجه به آنچه گفته شد، درک عمیق واکنش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه حاصل از آن‌ها نسبت به شوری در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری مفید خواهد بود.

تاکنون، مطالعات متعددی در رابطه با پاسخ گیاهان به شوری انجام گردیده که در این میان، مرحله جوانه‌زنی بذور از اهمیت بسزائی در مطالعات به‌نژادی ارقام متحمل به شوری برخوردار است. در مطالعه‌ای، Riahi و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی ۱۸ رقم گندم نان تحت سطوح مختلف شوری گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، شاخص‌های جوانه‌زنی به شکل وابسته به ژنوتیپ کاهش می‌یابند و مابین این شاخص‌ها، شوری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه و ساقه، سرعت و درصد جوانه‌زنی در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اثرگذار بود. در پژوهش دیگری، Namvar و همکاران (۲۰۱۸) پاسخ هشت رقم گندم را از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی تحت پنج سطح شوری مورد مطالعه و گزارش کردند که شوری باعث کاهش معنی‌دار سرعت، درصد و یکنواختی جوانه‌زنی، نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن گیاهچه می‌شود. در تحقیقی

[1] CIMMYT

دیگر جوانه‌زنی ارقام گندم در سطوح مختلف شوری توسط Alom و همکاران (۲۰۱۶)، مورد بررسی قرار گرفت آن‌ها گزارش کردند که شوری منجر به کاهش طول و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود و ضمناً تاکید بر این امر داشتند که طول ساقه‌چه بیشتر از طول ریشه‌چه تحت تأثیر سطح بالای نمک قرار می‌گیرد. در همین راستا، Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که شوری به‌طور معنی‌داری میزان جوانه‌زنی بذور گندم و شاخص‌های مرتبط با آن را کاهش می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر، Gholinezhad (۲۰۱۲) پیامدهای تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی ۸ رقم گندم تحت شوری را بررسی و گزارش کردند که سطوح شوری اثر معنی‌داری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی داشتند و با افزایش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بر اساس مطالعات یادشده، ارقام گندم در سطوح مختلف شوری، پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان دادند؛ این مطلب گویای این موضوع است که پاسخ ژنوتیپ‌های گندم به شوری با ژنتیک گیاه نیز مرتبط می‌باشد.

وقوع تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی اثر منفی قابل توجهی بر عملکرد گندم نان خواهد داشت، لذا مطالعه تنوع ژنتیکی گندم‌های موجود در بانک ژن کشور و غربالگری آنها برای سنجش تحمل شوری در مرحله جوانه‌زنی از اهمیت بسزائی برخودار است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و توده‌های بومی گندم نان از نظر خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل گندم به تنش شوری جهت اهدف به‌نژادی انجام شد. نتایج این مطالعه، منابع ژنتیکی بالقوه را برای افزایش تحمل گندم نان به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی برای به‌نژادگران گندم فراهم خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

جهت بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و توده‌های بومی گندم نان از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر تحت شرایط معمولی و تنش شوری، آزمایشی به شکل فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل ۲۹۸ ژنوتیپ گندم (۹۱ رقم و ۲۰۴ توده بومی و سه رقم شاهد سیستان، نارین و ارگ گندم نان) و تنش شوری (صفر یا شاهد، محلول ۶۰ میلی‌مولار نمک سدیم‌کلرید، و محلول ۱۲۰ میلی‌مولار نمک سدیم کلرید) با دو تکرار در آزمایشگاه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت. لازم به ذکر است که طرح آزمایش به شکل آلفا لاتیس بوده اما به دلیل این که اثر بلوک‌های ناقص و تکرار برای صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود و از طرفی سودمندی طرح لاتیس نسبت به طرح کاملاً تصادفی کمتر است؛ لذا تجزیه طرح به شکل کاملاً تصادفی انجام شد. جهت اجرای این آزمایش، ۵۰ عدد بذر در هر ظرف پتری قرار داده شد و دو ظرف پتری به منزله دو تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. ظرف‌های پتری قطری معادل ۹ سانتی‌متر داشتند و در هر کدام شامل یک کاغذ صافی بود که به مدت دو ساعت تحت دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه اتوکلاو ضدعفونی شد. جهت ضدعفونی، بذرهای گندم به مدت یک دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد قرار و بلافاصله سه مرتبه با آب مقطر شست‌وشو داده شدند. پس از اعمال تیمار شوری (از طریق افزودن محلول سدیم‌کلرید با غلظت‌های موردنظر به پتری‌دیش‌ها)، بذرهای گندم به مدت هشت روز (Sajedi et al., 2016) در داخل ژرمیناتور با درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۸۵ درصد و تناوب نوری ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی قرار گرفتند (Rauf et al., 2007).

اندازه‌گیری صفات مرتبط با جوانه‌زنی

بذرهای جوانه‌زده هر روز شمارش شد و این شمارش تا زمانی ادامه یافت‌که افزایشی در تعداد بذر جوانه‌زده طی سه شمارش متوالی مشاهده نگردد. معیار بذر جوانه‌زده، خروج ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر بود. در روز هشتم و یا روز پایانی آزمایش، صفات مرتبط با جوانه‌زنی

نظیر نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، طول گیاهچه، طول ساقه‌چه، و طول ریشه‌چه در بذرهای جوانه‌زده اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین وزن تر و خشک گیاه‌چه، ابتدا ساقه‌چه‌ها و ریشه‌چه‌های مربوط به هر ژنوتیپ از بذر جدا و وزن شدند و سپس به‌صورت جداگانه به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند تا وزن خشک آن‌ها به وسیله ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شود. وزن خشک گیاهچه از مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌دست آمد. بر مبنای اطلاعات حاصل از شمارش بذرهای جوانه‌زده در هر روز تا پایان روز هشتم، صفات بنیه بذر[1]، درصد جوانه‌زنی[2]، انرژی جوانه‌زنی[3]، سرعت جوانه‌زنی[4]، و شاخص جوانه‌زنی[5] برآورد شدند (جدول ۱).

جدول ۱- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 1-The formula of germination indices

شاخص Index	فرمول‌های محاسباتی Calculation formula	منابع Reference
انرژی جوانه‌زنی Germination Energy	$GE = \frac{nt_4}{N} \times 100$	Liu *et al.*, 2018
شاخص جوانه‌زنی Germination Index	$GI = \frac{(7n_1 + 6n_2 + 5n_3 + 4n_4 + 3n_5 + 2n_6 + 1n_7)}{7 \times N}$	Razeghi *et al.*, 2010
شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index	$SI = \frac{GP \times LSh}{100}$	Liu *et al.*, 2018
سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	$GR = \sum \left(\frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} + \frac{n_i}{t_i}\right)$	Kulkarni *et al.*, 2007
درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	$GP = \frac{n}{N} \times 100$	Liu *et al.*, 2018

تجزیه و تحلیل آماری

پس از آزمون توزیع نرمال داده‌ها با Minitab 18، تجزیه واریانس داده‌ها، تجزیه به عامل‌ها، بای‌پلات و تجزیه خوشه به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.4، SPSS 19 و Statgraphics 18 انجام شدند.

نتایج و بحث

طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ، تنش شوری و اثر متقابل ژنوتیپ × تنش بر طول ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به ترتیب باعث کاهش ۲۵ و ۴۶ درصدی طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی در صفت طول ریشه‌چه است که به نوبه خود امکان انتخاب این صفت را در کنار سایر صفات مرتبط با تحمل شوری در برنامه‌های غربالگری گندم نان فراهم می‌کند. کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه گویای تاثیر منفی تنش شوری بر این صفت در گندم است. کاهش طول ریشه‌چه گندم تحت تیمار محلول سدیم کلرید به نظر می‌رسد که به دلیل

[1] SI, Seedling Vigor Index
[2] GP, Germination Percentage
[3] GE, Germination Energy
[4] GR, Germination Rate
[5] GI, Germination Index

سمیت یون‌ها و اثرات منفی آنها بر غشای سلولی، فرایندهای متابولیکی و مسیرهای پیام‌رسانی باشد بطوریکه شرایط را برای رشد ریشه محدود می‌کند (Meftahizade and Rahmati, 2021). هم‌راستا با مشاهدات ما، Bakhshayeshi و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که تنوع ژنتیکی کافی برای انتخاب خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی شامل طول ریشه‌چه در ارقام گندم نان مورد مطالعه آن‌ها وجود دارد. همچنین، Namvar و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که صفات جوانه‌زنی تحت اثر منفی شوری قرار می‌گیرند. آن‌ها مشاهده کردند که طول ریشه‌چه کمتر از طول ساقه‌چه تحت اثر شوری قرار می‌گیرد. این موضوع احتمالاً با ظرفیت بالاتر اندام ریشه برای تحمل غلظت‌های بالای نمک ارتباط داشته باشد (Namvar et a., 2018).

طول ساقه‌چه

اثر معنی‌دار ژنوتیپ، تنش شوری و اثر متقابل ژنوتیپ× تنش بر طول ساقه‌چه گندم در این مطالعه مشاهده شد (جدول ۲). از میان صفات مرتبط با جوانه‌زنی، بیش‌ترین درصد تغییرات تحت شرایط نرمال به ترتیب برای صفات نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه (۴۸/۹) و طول ساقه‌چه (۴۲/۱) ثبت شد. بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نیز مربوط به طول ساقه‌چه (۴۵/۸) بود (جدول ۳). در این مطالعه، کاهش ۱۸ و ۳۹ درصدی طول ساقه‌چه به ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید در مقایسه با شاهد رخ داد (جدول ۳). همانند طول ریشه‌چه، تفاوت معنی‌دار مابین ارقام و توده‌های بومی گندم نان حاکی از وجود تنوع ژنتیکی در طول ساقه‌چه می‌باشد که امکان استفاده از تنوع موجود در این صفت را برای اهداف بهنژادی فراهم می‌کند. همانگونه که نتایج ما نشان داد، این صفت مورفولوژیکی نیز به طور معنی‌داری با بروز تنش شوری، کاهش می‌یابد که احتمالا به دلیل کاهش سنتز مواد دیواره‌ای سلولی و یا به دلیل تضعیف فتوسنتز و فرایندهای جانبی آن می‌باشد (Rahemi-Karizaki et al., 2012). در تایید نتایج ما، Bakhshayeshi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که تنوع فنوتیپی محسوسی برای گزینش ژنوتیپ‌های گندم بر مبنای طول ساقه‌چه وجود دارد. Namvar و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که کاهش طول ساقه‌چه به دلایل مختلف فیزیولوژیک طی تنش شوری رخ می‌دهد (Dehghanzadeh et al., 2012).

نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه

همان گونه که از نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) مشهود است، اثر متقابل ژنوتیپ× تنش بر نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). از میان صفات مرتبط با جوانه‌زنی، بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات تحت شرایط نرمال برای صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه (۴۸/۹) ثبت شد. تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به صفات طول ساقه‌چه (۴۵/۸) و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه (۴۴/۲) بود. همچنین، تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، بیش‌ترین درصد ضریب تغییرات مرتبط با صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه (۵۳/۲) بود (جدول ۳). تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به ترتیب منجر به افت ۲۲ و ۴۳ درصدی نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). بنابراین، با افزایش سطح شوری از نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه کاسته شد بطوریکه کمترین مقدار این صفت در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) حاصل شد. مشاهدات ما نشان از وجود تنوع بالا صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه و کاهش شدید آن در اثر تنش شوری در ارقام و توده‌های بومی گندم نان داشت. کاهش این صفت تحت تنش شوری را می‌توان این گونه استنباط کرد که کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط شور سبب کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌های مثل آلفا آمیلاز، لیپاز و اینورتاز می‌شود و در نتیجه آن اختلال چشمگیری در رشد ساقه‌چه به وجود می‌آید که به نوبه

خود بر صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه اثر می‌گذارد (Panahi et al. 2012). در مقابل، Namvar و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، تمام صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر گندم، به جزء نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه، روند کاهشی نشان دادند. این تفاوت در نتایج ممکن است به دلیل سطح شوری، زمینه ژنتیکی ژنوتیپ‌های موردمطالعه و یا شرایط آزمایش باشد.

با توجه به معنی‌داری اثر تنش شوری بر طول گیاهچه گندم (در سطح ۱ درصد) (جدول ۲)، بررسی اثر سطوح شوری بر ارقام و توده‌های بومی گندم نشان از افت ۲۲ و ۴۳ درصدی طول گیاهچه نسبت به شاهد به ترتیب در تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید داشت (جدول ۳). کاهش طول گیاهچه در این مطالعه می‌تواند به دلیل کاهش بیان و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز باشد. این امر بدان دلیل است که این آنزیم موجب شکسته‌شدن نشاسته در کوتیلدون‌ها می‌شود و بالطبع با هر گونه کاهش در فعالیت این آنزیم، سرعت شکست ذخایر بذر کند شده و گیاهچه با جثه کوچک‌تری ظاهر خواهد شد (Meftahizade and Rahmati, 2021). هرچند یافته‌های ما موید این مطلب بود که طول گیاهچه متاثر از شوری است؛ با اینحال، Namvar و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، خصوصیات جوانه‌زنی بذر گندم، به جزء طول گیاهچه، روند کاهشی نشان دادند. در مقابل، Shakeri و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی آثار شوری بر جوانه‌زنی سورگوم گزارش کردند که طول گیاهچه از جمله صفاتی است که به خاطر سمیت یونی و اثر آنها بر فرآیندهای رشد و نمو، در محیط‌هایی با غلظت بالای نمک دچار کاهش می‌شود.

ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های گندم به سطوح متفاوت تنش شوری نشان داد که تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم اثر منفی معنی‌داری بر وزن خشک و تر گیاهچه دارد بطوریکه باعث افت ۱۲ درصدی این صفت شد. همین اثر منفی به طور محسوس‌تری درباره تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم مشاهده شد بطوریکه این تیمار به ترتیب منجر به کاهش ۲۵ و ۳۱ درصدی وزن خشک و تر گیاهچه‌های گندم شد. (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاهش وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه (وزن گیاهچه) ناشی از کاهش سنتز و فعالیت آنزیم‌های مؤثر در رشد و نمو بذر باشد چراکه شوری بیش از آستانه تحمل گیاه، سبب توقف سنتز و فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ذخایر بذر می‌شود و بدین‌ترتیب بر وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه اثر منفی خواهد گذاشت (Kaur et al., 2022). مطابق با با نتایج پژوهش حاضر، Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تنش شوری به طور معنی‌داری وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم را کاهش می‌دهد. در این راستا، Razeghi-Yadak و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که شوری موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیائی و اسیدی محور جنین بذر گندم می‌شود که ارتباط تنگاتنگی با وزن گیاهچه دارند. همچنین، Mohamadi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با افزایش تنش شوری، وزن گیاهچه با کاهش بیشتری مواجه می‌شود و علت این امر را اختلال در جذب آب و مواد غذائی توسط ریشه عنوان کردند.

اثر منفی شوری بر شاخص جوانه‌زنی به گونه‌ای بود که کاهش این صفت در گیاهچه‌های گندم از ۱۲ تا ۲۳ درصد متغییر بود (جدول ۲ و ۳). کاهش شاخص جوانه‌زنی تحت شرایط شوری را می‌توان به کاهش جذب آب و اثرات مضر ناشی از افت پتانسیل اسمزی بر فرایندهای بیوشیمیایی درگیر در جوانه‌زنی بذرها نسبت داد (Meftahizade and Rahmati, 2021). در پژوهشی، Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تنش شوری به طور معنی‌داری شاخص جوانه‌زنی بذور گندم را کاهش می‌دهد که این کاهش وابسته به غلظت نمک در محیط رشد گیاه می‌باشد. در این راستا، Modhej و Karbalaei (۲۰۱۹) نیز پیشنهاد کردند که مرحله آبگیری بذر با افزایش فشار اسمزی حاصل از افزایش سطح نمک در محیط دچار اختلال گشته و لذا شاخص جوانه‌زنی بذر با کاهش همراه می‌شود.

بذور گندم تحت تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی بسیار کمتری را از خود نشـــان دادند. این کاهش در تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سـدیم کلرید به ترتیب به ۱۷ و ۳۲ درصـد رســید (جدول ۲ و ۳). کاهش ســرعت جوانه‌زنی تحت شــوری را می‌توان اینگونه توجیح کرد که طی بروز تنش شــوری، جذب آب با اختلال مواجه شــده و یا به کندی انجام می‌گیرد، فعـالیـت‌های حیاتی بذر به آهســتگی رخ می‌دهند و مدت زمان خروج ریشه‌چه افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی با کاهش همراه خواهد می‌شـود (Rahemi-Karizaki et al., 2012). در توافق با یافته‌های محققان بر این امر تاکید دارند که با افزایش غلظت شوری، شـاخص‌های جوانه‌زنی با افت چشـمگیری همراه می‌شوند که در این میان، سـرعت جوانه‌زنی بیشـتر از سایرین تحت تـاثیر شــوری قرار می‌گیرد (Azadi et al., 2013). در مطـالعه‌ای دیگر، گزارش شــد که تنش شــوری از طریق کـاهش جـذب آب، ســمیـت یونی، اختلال در غشـــاء پلاســمایی و تعدیل کارکرد آنزیم‌های متابولیکی ســبب کاهش ســرعت جوانه‌زنی می‌شــود (Meftahizade and Rahmati, 2012).

نتـایج مـا نشــان داد که انرژی جوانه‌زنی گیاهچه‌های گنـدم تحت اثر بازدارنده غلظت بالای نمک قرار می‌گیرد و هـر چـه غـلظـت نمـک افزایش می‌یـابـد، بر این اثر بـازدارنـدگی افزوده می‌شــود (جـدول ۲ و ۳). از میـان خصــوصــیات جوانه‌زنی گندم، صــفات انرژی جوانه‌زنی (۲۱/۵) و درصـد جوانه‌زنی (۲۱/۲) دارای کمترین درصـد ضــریب تغییرات تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار ســدیم کلرید بودنـد. بنـابراین، انرژی جوانـه‌زنی شـــانس کمتری جهت موفقیـت گزینش در برنامه‌های اصــلاحی دارد مگر اینکه صــفتی مطلوب برای یـک برنامه اصــلاحی تلقی شــود. کـاهش در انرژی جوانـه‌زنی بـذور گنـدم بر اثر مواجـه بـا غلظـت بـالای نمـک را می‌توان بـه اختلال در کـارکرد آنزیم‌های مهم متابولیکی بذر به واسـطه میانکنش یون‌های مـازاد بـا جـایـگـاه‌هـای کـاتـالیکی آنهـا نســبـت داد (Rahemi-Karizaki et al., 2012). Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردنـد کـه انرژی جوانـه‌زنی بـذور یـک کاهش وابسـته به غلظت نمک را در گندم نشـان می‌دهد. همچنین، Parmoon و همکـاران (۲۰۱۳) بـا بررســی اثر غلظت بالای نمک بر گیاه بابونه دریافتند که تنش شـوری می‌تواند انرژی جوانه‌زنی بذور را تا ۴۰ درصد کاهش دهد و علت آن را سمیت یونی عنوان کردند.

درصـد جوانه‌زنی از جمله صـفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور گندم بود که در این مطالعه به طور معنی‌دار ($P<\%1$) تحت اثر ژنوتیپ، اثر تنش شـوری و اثر متقابل ژنوتیپ × تنش قرار گرفـت (جـدول ۲). از میـان صــفـات مرتبط با جوانه‌زنی، کمترین درصــد ضــریب تغییرات تحت تیمار شوری مرتبط با درصد جوانه‌زنی بود. درنتیجه، این صفت شانس کمتری جهت انتخاب موفق در برنامه‌های اصلاحی دارد. مشـاهدات ما نشـان داد که درصـد جوانه‌زنی همانند سایر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور گندم، تحت اثر غلظت بـالای نمک قرار می‌گیرد بطوریکه افزایش غلظت نمک از ۶۰ بـه ۱۲۰ میلی‌مولار ســدیم کلریـد ســبـب کـاهش ۱۰ درصدی درصد جوانه‌زنی می‌شود (جدول ۳). عامل کاهش درصــد جوانـه‌زنی در گنـدم‌هـای تحـت تنش شــوری را می‌توان بـه حضــور بیش از حـد یون‌های باردار در محیط بـذور گنـدم نســبـت داد بـه طوری که فضــای فرایندهای بیوشــیمیـایی در اشــغـال یون‌هـای موجود در محیط قرار می‌گیرد و لذا گیاه قادر به جذب آب نبوده و با نوعی کمبود آب مواجه می‌شــود (Panahi et al. 2012). در مطالعات مشابهی که بر روی ژنوتیپ‌های گندم صورت گرفته است، کمترین درصد تغییرات برای درصد جوانه‌زنی گزارش شده اسـت (Bakhshayeshi et al., 2015) که با یافته‌های این پژوهش مطـابقـت دارد. هم‌راســتـا بـا مشـــاهـدات مـا، Gholinezhad و همکـاران (۲۰۱۲) گزارش کردنـد که با افزایش سـطح شـوری، درصـد جوانه‌زنی کاهش بیشـتری می‌یابد که این کاهش نسـبت به سـایر صـفات مرتبط با جوانـه‌زنی بـذر بیشــتر بود. همچنین، Fallahi و همکاران

(۲۰۱۶) نشان دادند که سطوح شوری به طور معنی‌داری میزان جوانه‌زنی بذور گندم و شاخص‌های مرتبط با آن، به خصوص درصد جوانه‌زنی، را کاهش می‌دهند.

با توجه به اثر معنی‌دار ($P<\%1$) اثرات ساده و متقابل بر بنیه بذر (جدول ۲) و مقایسه میانگین مابین شاهد و تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، شوری اثر چشمگیری بر بنیه بذور گندم داشت و این اثر وابسته به غلظت نمک بود. اثر نامطلوب شوری بر بنیه بذور گندم به گونه‌ای بود که این صفت از ۲۹ تا ۵۳ درصد وابسته به غلظت نمک کاهش یافت (جدول ۳).کمترین درصد ضریب تغییرات تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به ترتیب مرتبط با صفات درصد جوانه‌زنی (۲۷/۷) و بنیه بذر (۲۷/۷) بود. همانند صفت درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر نیز شانس کمتری جهت انتخاب موفق در برنامه‌های اصلاحی برای تولید ارقام مقاوم به تنش شدید شوری دارد. علت کاهش بنیه بذر در این مطالعه را می‌توان ناشی از این موضوع تلقی کرد که غلظت بالای نمک با ایجاد اختلال در ترشح آنزیم‌هایی نظیر لیپاز و آمیلاز مانع از تجزیه مواد اندوخته بذر شده و لذا انرژی موردنیاز برای خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و رشد آنها فراهم نمی‌شود (Panahi et al. 2012). محققان گزارش کرده‌اند که تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و آثار متعاقب آن منجر به کاهش معنی‌دار بنیه بذر می‌شود (Chamhidar and Farhoodi 2019). در مطالعه‌ای دیگر، پیشنهاد شد که وجود غلظت بالای کاتیون‌ها و آنیون‌ها (کلر و سدیم) با ایجاد مسمومیت در بذر، سبب افت بنیه بذر می‌شود (Modhej and Karbalaei 2019).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر در ارقام و توده‌های بومی گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 2- Analysis of variance of seed germination-related traits in wheat cultivars and landraces under normal and salinity conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS										
		طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه Hypocotyl length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root-shoot length ratio	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	انرژی جوانه‌زنی Germination Energy	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index
رقم Cultivar	297	13.044**	26.942**	59.994**	0.156**	0.00106**	0.546**	0.1118**	53.075**	0.127**	1322.426**	83.411**
سطح شوری Salt level	2	2748.92**	1164.78**	7482.79**	7.134**	0.0417**	1.109**	4.2706**	2751.152**	4.0042**	39570.64**	8699.35**
رقم* شوری Cultivar× Salt level	594	2.852**	3.549**	9.071**	0.017**	0.00031*	0.072**	0.0071**	3.471**	0.0105**	103.053**	9.0098**
خطا Error	894	1.213	1349.24	3.828	0.0095	0.00018	0.034	0.0035	1.371	0.0052	49.384	3.657
CV (%)	-	15.65	21.58	15.37	16.31	23.01	20.93	9.11	10.53	9.45	9.01	18.35

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively.

بر مبنای آنچه گفته شد، تنوع بالایی بین ارقام و توده‌های بومی گندم نان از نظر خصوصیات جوانه‌زنی مثل طول گیاهچه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه، شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر در هر دو شرایط تنش (تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) وجود داشت (جدول ۲) که می‌توان از این تنوع برای انتخاب

ژنوتیپ‌های برتر جهت نیل به اهداف به‌نژادی در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. در حالیکه صفات انرژی جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی تنوع پایینی نسبت به سایر صفات نشان دادند لذا این صفات شانس کمتری جهت انتخاب در برنامه‌های اصلاحی دارند مگر اینکه شاخصی مطلوب برای یک برنامه اصلاحی تلقی شوند. در کل، این یافته‌ها تنوع بالایی را در برخی از خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر گندم برای بهنژادی گزینشی پیشنهاد می‌کند.

جدول ۳- آماره‌های توصیفی صفات مورفولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی بذر ارقام و توده‌های بومی گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 3- Descriptive statistics of seed germination-related traits in wheat cultivars and landraces under normal and salinity conditions

تنش شوری (میلی‌مولار) Salt stress (mM)	آمار توصیفی Descriptive statistics	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه Hypocotyl length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root-shoot length ratio	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	انرژی جوانه‌زنی Germination Energy	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index
0	Mean	9.229	7.056	16.285	0.699	0.066	0.791	0.741	13.325	0.847	86.154	14.336
	Std. Deviation	2.222	2.966	4.285	0.209	0.016	0.386	0.134	3.417	0.137	13.711	4.985
	CV (%)	24.081	42.038	26.311	29.974	25.499	48.902	18.097	25.647	16.226	15.913	34.775
	Skewness	0.008	0.162	0.132	0.528	0.161	1.577	-1.106	-0.428	-1.272	-1.311	0.022
	Kurtosis	0.241	-0.855	-0.201	0.374	0.522	3.971	0.792	-0.089	1.288	1.386	-0.372
60	Mean	6.954	5.754	12.709	0.615	0.058	0.837	0.653	11.004	0.765	77.825	10.217
	Std. Deviation	1.941	2.637	4.091	0.198	0.015	0.371	0.151	3.279	0.164	16.538	4.502
	CV (%)	27.906	45.835	32.187	32.245	26.949	44.242	23.152	29.805	21.509	21.251	44.061
	Skewness	0.665	0.451	0.608	0.768	0.389	1.711	-0.893	-0.286	-1.011	-1.053	0.418
	Kurtosis	0.918	-0.631	0.058	0.584	0.439	6.808	0.256	-0.289	0.634	0.726	-0.242
120	Mean	4.932	4.262	9.195	0.482	0.049	0.877	0.571	9.021	0.683	69.825	6.697
	Std. Deviation	1.577	1.878	3.118	0.161	0.026	0.359	0.165	3.099	0.189	19.399	3.332
	CV (%)	31.976	44.071	33.916	33.265	53.210	40.945	28.970	34.358	27.755	27.783	49.749
	Skewness	1.129	0.530	0.707	0.476	13.517	1.644	-0.752	-0.263	-0.737	-0.774	0.672
	Kurtosis	2.968	-0.115	0.777	0.540	269.512	5.033	-0.025	-0.298	0.1003	0.0935	0.960

در کل، کمترین میزان خصوصیات جوانه‌زنی گندم در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید و بیشترین میزان آن‌ها در شرایط نرمال (بدون تنش) به دست آمد (جدول ۳). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سطح شوری، صفات مورفولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی بذور گندم، به ویژه بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه، به شدت نسبت به شرایط نرمال کاهش پیدا می‌کنند. کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی با افزایش سطح شوری در این آزمایش را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب اولیه آب، تاثیر منفی پتانسیل اسمزی پایین و سمیت یون‌های انباشته بر فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با کاتابولیک (هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذر) و آنابولیک (ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیزشده) جوانه‌زنی نسبت داد (Dadshani et al., 2019).

هم بستگی

نتایج هم بستگی بین صفات تحت شرایط نرمال، تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید در جدول ۴ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، هم بستگی مثبت و

معنی‌داری بین تمام صفات (به جزء هم بستگی مابین طول ریشه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه) تحت هر سه شرایط وجود داشت. تنها تحت شرایط نرمال، هم بستگی منفی و معنی‌داری (۰/۲۹) مابین طول ریشه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه مشاهده شد. همراستا با مشاهدات ما، Tazikeh و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن تر و خشک گیاهچه با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه وجود دارد.

جدول ۴- هم بستگی مابین صفات مورفولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی بذر ارقام و توده‌های بومی گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 4- Correlation between seed germination-related traits in wheat cultivars and landraces under normal and salinity conditions.

هم بستگی برای شرایط نرمال Corr. For normal	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه SHL	طول گیاهچه PL	وزن تر گیاهچه WW	وزن خشک گیاهچه DW	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه SHL.RL	شاخص جوانه‌زنی GI	سرعت جوانه‌زنی GR	انرژی جوانه‌زنی GE	درصد جوانه‌زنی GP	شاخص ویگور گیاهچه SV
RL	1										
SHL	.348**	1									
PL	.754**	.878**	1								
WW	.545**	.701**	.769**	1							
DW	.495**	.550**	.638**	.751**	1						
SHL.RL	-.249**	.771**	.414**	.367**	.272**	1					
GI	.363**	.513**	.545**	.560**	.419**	.297**	1				
GR	.288**	.407**	.432**	.483**	.344**	.220**	.912**	1			
GE	.359**	.534**	.557**	.557**	.436**	.332**	.950**	.762**	1		
GP	.382**	.533**	.568**	.560**	.424**	.315**	.948**	.755**	.985**	1	
SV	.691**	.850**	.948**	.778**	.623**	.417**	.746**	.591**	.769**	.782**	1

هم بستگی برای تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید Corr. For 60 mM	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه SHL	طول گیاهچه PL	وزن تر گیاهچه WW	وزن خشک گیاهچه DW	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه SHL.RL	شاخص جوانه‌زنی GI	سرعت جوانه‌زنی GR	انرژی جوانه‌زنی GE	درصد جوانه‌زنی GP	شاخص ویگور گیاهچه SV
RL	1										
SHL	.610**	1									
PL	.858**	.931**	1								
WW	.718**	.748**	.817**	1							
DW	.569**	.542**	.614**	.773**	1						
SHL.RL	-.029	.725**	.457**	.368**	.249**	1					
GI	.432**	.504**	.527**	.577**	.488**	.304**	1				
GR	.397**	.421**	.456**	.510**	.488**	.215**	.927**	1			
GE	.426**	.503**	.523**	.575**	.452**	.316**	.969**	.829**	1		
GP	.427**	.517**	.532**	.584**	.463**	.336**	.968**	.824**	.990**	1	
SV	.794**	.883**	.939**	.833**	.629**	.454**	.758**	.652**	.761**	.772**	1

هم بستگی برای تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید Corr. For 120 mM	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه SHL	طول گیاهچه PL	وزن تر گیاهچه WW	وزن خشک گیاهچه DW	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه SHL.RL	شاخص جوانه‌زنی GI	سرعت جوانه‌زنی GR	انرژی جوانه‌زنی GE	درصد جوانه‌زنی GP	شاخص ویگور گیاهچه SV
RL	1										
SHL	.656**	1									
PL	.892**	.926**	1								
WW	.701**	.698**	.767**	1							
DW	.359**	.483**	.468**	.545**	1						
SHL.RL	-.093	.639**	.336**	.231**	.263**	1					
GI	.396**	.525**	.512**	.645**	.391**	.311**	1				
GR	.341**	.491**	.464**	.604**	.342**	.313**	.937**	1			
GE	.402**	.501**	.500**	.626**	.381**	.273**	.978**	.864**	1		
GP	.390**	.520**	.506**	.631**	.401**	.314**	.979**	.863**	.991**	1	
SV	.781**	.864**	.907**	.806**	.503**	.356**	.781**	.692**	.781**	.788**	1

Abbreviation; RL, Root length; SHL, Shoot length; PL, Seedling length; WW, Seedling fresh weight; DW, Seedling dry weight; SHL.RL, Root-shoot length ratio; GI, Germination Index; GR, Germination Rate; GE, Germination Energy; GP, Germination Percentage; SV, Seedling Vigor Index

همبستگی مثبت وزن خشک گیاهچه با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌تواند حاکی از این مطلب باشد که ریشه‌چه‌های طویل‌تر یک مزیت برای گیاهچه محسوب می‌شوند چراکه امکان دسترسی بیشتر به منابع آبی را فراهم می‌کنند و این موضوع نیز به نوبه خود استقرار بهتر و سریعتر گیاهچه در محیطی‌های شور را برای گندم امکان‌پذیر می‌کند (Rauf et al., 2007). در تعیین متغیرهای مرتبط با تحمل گندم به شوری در مرحله جوانه‌زنی، Fathollahy و Mozaffari (۲۰۲۰) دریافتند که ژنوتیپ‌های دارای شاخص‌های جوانه‌زنی بهتر تحت تنش شوری، از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بیشتری برخودار هستند و این فعالیت نیز به نوبه خود با شاخص‌های جوانه‌زنی هم بستگی مثبتی داشت. بنابراین، نویسندگان پیشنهاد کردند که سطح فعالیت این آنزیم‌ها احتمالاً با توانایی جوانه‌زنی بذر گندم در محیط‌هایی با غلظت بالای نمک در ارتباط است.

تجزیه به عامل‌ها

با توجه به اینکه آماره‌های توصیفی و هم بستگی ممکن است به تنهایی اطلاعات کامل و جامعی در خصوص روابط مابین صفات مختلف فراهم نکنند و با توجه به مزایای تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره، در مطالعه حاضر از تجزیه به عامل‌ها برای درک عمیق ساختار داده‌ها استفاده شد (Norouzi et al., 2015). تجزیه به عامل‌ها بر اساس مقادیر ویژه بزرگتر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه (به‌عنوان ضرایب معنی‌داری پس از چرخش وریماکس) انجام شد.

تحت شرایط نرمال و تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، عامل اول که به ترتیب حدود ۶۲ و ۶۴/۹ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد، دارای ضرایب عاملی مثبت معنی‌داری برای صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر بود که ارتباط تنگاتنگی با وزن گیاهچه دارند. درنتیجه، عامل اول به‌عنوان وزن گیاهچه نام‌گذاری شد. عامل دوم که به ترتیب حدود ۱۴/۵ و ۱۵ درصد از تغییرات داده‌ها را تحت شرایط نرمال و تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به خود اختصاص داد شامل صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی و بنیه بذر بود. از آنجایی‌که شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و انرژی جوانه‌زنی، ارتباط تنگاتنگی با درصد جوانه‌زنی دارند لذا این عامل به‌عنوان درصد جوانه‌زنی نام‌گذاری شد. عامل سوم نیز به ترتیب با توجیه حدود ۱۲/۸ و ۱۰/۵ درصد از تغییرات داده‌ها تحت شرایط نرمال و تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه نامیده شد (جدول ۵).

تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، عامل اول که حدود ۶۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد دارای ضرایب عاملی مثبت و بالایی با صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی و بنیه بذر بود. این عامل به‌عنوان عامل درصد جوانه‌زنی نام‌گذاری شد. عامل دوم دارای ضرایب عاملی مثبت و معنی‌داری برای صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر بود. عامل دوم با توجیه حدود ۱۵ درصد از تغییرات داده‌ها عامل وزن گیاهچه نامیده شد. عامل سوم با توجیه حدود ۱۰/۶ درصد از تغییرات داده‌ها عامل نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه نامیده شد.

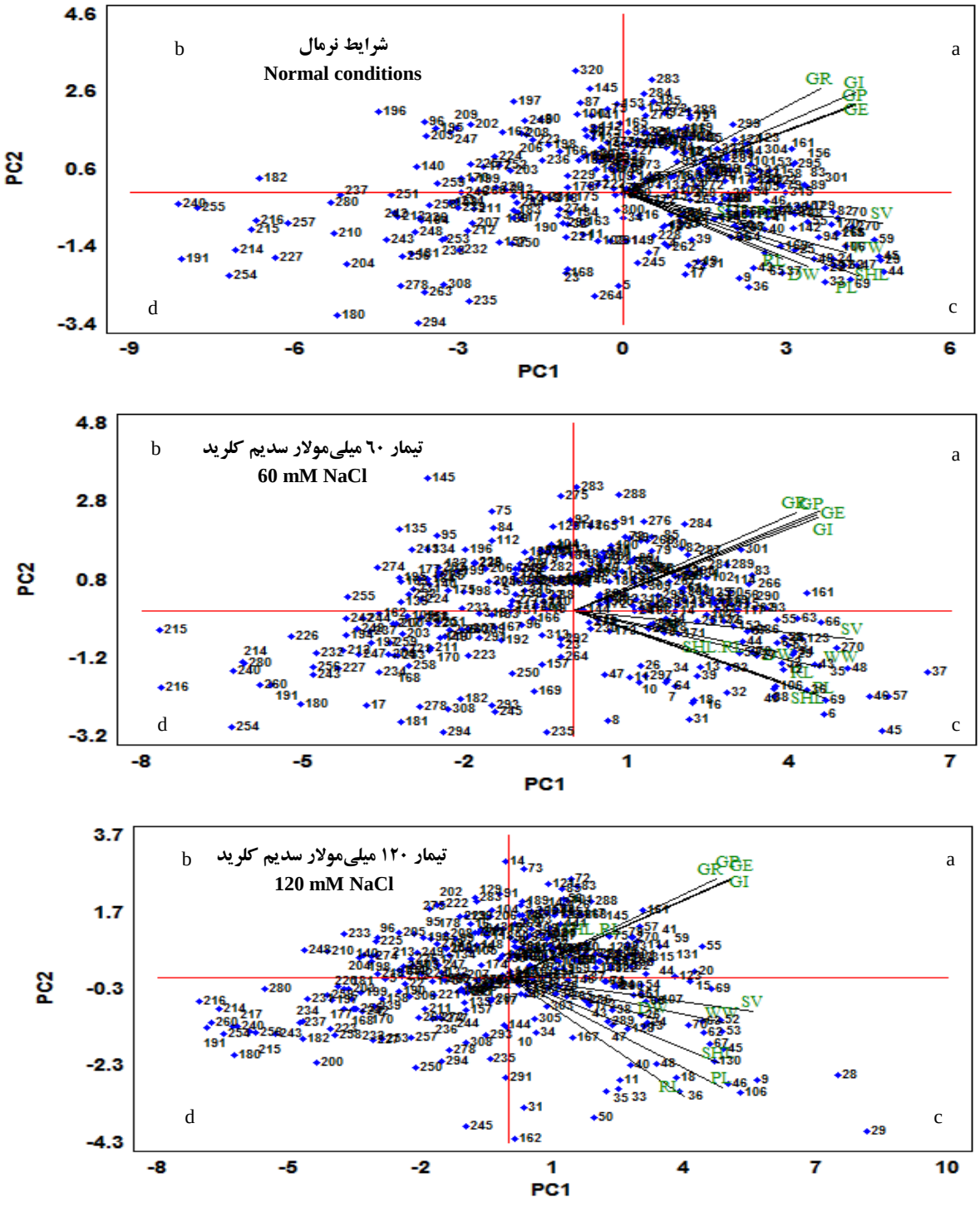
همراستا با مشاهدات ما، Dhanda و همکاران (۲۰۰۴) تنوع ژنتیکی ۳۰ رقم مختلف گندم را از نظر خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر مطالعه و نشان دادند که بر اساس تحلیل عاملی، عامل اول و دوم به ترتیب با توجیه حدود ۶۰ و ۲۰ درصد تنوع، با نام درصد جوانه‌زنی و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه نام‌گذاری شدند که در ادامه از آنها به منظور تمیز ژنوتیپ‌های گندم از هم تحت شرایط محیطی نرمال استفاده شد. با توجه به نتایج ما و محققان دیگر اینگونه استنباط می‌شود که احتمالا از صفات وزن گیاهچه و درصد جوانه‌زنی بتوان به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری به ترتیب تحت هر دو شرایط تنش شوری استفاده کرد.

جدول ۵- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و صفات مورفولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی بذر ارقام و توده‌های بومی گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 5- Eigen values, Eigen vectors, and variance of seed germination-related traits in wheat cultivars and landraces under normal and salinity conditions.

تنش شوری (میلی‌مولار) Salt stress (mM)	عامل‌ها Factors	ارزش‌های ویژه Eigen values	واریانس Variance	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه Hypocotyl length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root-shoot length ratio	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	انرژی جوانه‌زنی Germination Energy	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index
0	1	6.828	62.072	0.859	0.639	0.886	0.771	0.745	0.11	0.274	0.181	0.298	0.313	0.772
	2	1.591	14.466	0.188	0.27	0.285	0.333	0.192	0.157	0.95	0.879	0.906	0.903	0.537
	3	1.410	12.819	-0.407	0.687	0.274	0.258	0.172	0.971	0.12	0.063	0.162	0.143	0.258
60	1	7.142	64.924	0.931	0.689	0.877	0.814	0.708	0.093	0.285	0.26	0.276	0.283	0.76
	2	1.688	15.348	0.192	0.224	0.234	0.339	0.302	0.153	0.946	0.887	0.925	0.918	0.523
	3	1.158	10.524	-0.141	0.666	0.367	0.234	0.081	0.973	0.137	0.043	0.162	0.182	0.332
120	1	6.963	63.303	0.165	0.242	0.227	0.463	0.24	0.163	0.947	0.895	0.937	0.932	0.567
	2	1.657	15.067	0.938	0.782	0.936	0.745	0.494	0.093	0.281	0.232	0.282	0.283	0.774
	3	1.166	10.603	-0.235	0.539	0.205	0.083	0.283	0.969	0.133	0.15	0.094	0.137	0.193

با توجه به اینکه دو عامل اول و دوم در هر سه شرایط نرمال، تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، بیش‌ترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و وزن گیاهچه و درصد جوانه‌زنی در این عامل‌ها قرار داشتند، لذا از این دو عامل جهت به‌دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد. تحت شرایط نرمال (شکل ۱)، توده‌های بومی با IP-Noهای ۶۲۴۹۲۵، ۶۲۸۱۸۹، ۶۲۴۲۱۵، ۶۲۷۰۵۵، ۶۲۴۸۳۸ و ارقام PISHTAZ و RIJAW که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، وزن گیاهچه و درصد جوانه‌زنی بیش‌تری در شرایط نرمال نشان دادند. تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید (شکل ۱)، توده‌های بومی با IP-Noهای ۶۲۴۹۲۵، ۶۲۸۱۸۹، ۶۲۴۸۳۸ و ارقام ADL، AFLAK، KHAZAR1، RIJAW که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، وزن گیاهچه و درصد جوانه‌زنی بیش‌تری تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نشان دادند. تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید (شکل ۱)، توده‌های بومی با IP-Noهای ۶۲۷۱۰۳، ۶۲۴۵۹۶، ۶۲۶۵۶۶، ۶۲۵۴۳۳، ۶۲۸۱۸۹ و ارقام SHIROODI و DASTJERDI که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، درصد جوانه‌زنی و وزن گیاهچه بیش‌تری تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید نشان دادند. این اختلاف در پاسخ ژنوتیپ‌ها به سطح شوری خود گویای پاسخ وابسته به دوز گندم به سطح نمک است. در این راستا، Tazikeh و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که با افزایش سطح شوری (از ۴- تا ۱۶- بار)، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، سرعت‌جوانه زنی و درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری پیدا کردند که این کاهش وابسته به دوز نمک بود.



شکل ۱- نمایش بای‌پلات ارقام و توده‌های بومی گندم نان بر اساس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر تحت شرایط نرمال و شوری بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Figure 1- Biplot of bread wheat cultivars landrace by seed germination-related traits under salinity and normal conditions based on the first and second principal components.
Abbreviation; RL, Root length; SHL, Shoot length; PL, Seedling length; WW, Seedling fresh weight; DW, Seedling dry weight; SHL.RL, Root-shoot length ratio; GI, Germination Index; GR, Germination Rate; GE, Germination Energy; GP, Germination Percentage; SV, Seedling Vigor Index.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای ارقام و توده‌های بومی گندم نان با استفاده از مربع فاصله اقلیدوسی و به روش Ward صورت گرفت. ژنوتیپ‌های مورد نظر در سه حالت نرمال، تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید در چهار گروه مختلف قرار گرفتند که با مطابق با نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات بود (شکل۲).

تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال منجر به شناسایی و طبقه‌بندی ارقام و توده‌های بومی گندم نان به چهار گروه شد. گروه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب دارای ۵۸، ۱۹، ۱۱۶، و ۱۰۵ ژنوتیپ بودند. تجزیه خوشه‌ای در گیاهان تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید منجر به شناسایی و طبقه‌بندی ارقام و توده‌های بومی گندم نان به چهار گروه شد. گروه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب دارای ۲۶، ۶۷، ۹۲، و ۱۱۳ ژنوتیپ بودند. تجزیه خوشه‌ای در گیاهان تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید منجر به شناسایی و طبقه‌بندی ارقام و توده‌های بومی گندم نان به چهار گروه شد. گروه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب دارای ۱۰۴، ۷۸، ۲۶، و ۹۰ ژنوتیپ بودند.

تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، بر اساس نتایج مقایسات میانگین بین گروه‌ها (کلاسترها) (جدول ۶)، گروه اول برای تمام صفات کم‌ترین میانگین را دارا بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت D نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری نیستند. گروه دوم برای صفت نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه بیش‌ترین میانگین را دارا بودند. این گروه برای سایر صفات دارای میانگین متوسطی بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت B نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری نسبتا مناسب می‌باشند. گروه سوم برای صفات طول ساقه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه کم‌ترین میانگین را دارا بودند. این گروه برای سایر صفات دارای میانگین متوسطی بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت C نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری نسبتا مناسب نیستند. گروه چهارم برای تمام صفات بیش‌ترین میانگین را دارا بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت A نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری مناسب می‌باشند.

تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، بر اساس نتایج مقایسات میانگین بین گروه‌ها (جدول ۶)، گروه اول برای تمام صفات بیش‌ترین میانگین را دارا بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت A نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری مناسب می‌باشند. گروه دوم دارای میانگین متوسطی برای تمام صفات بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت C نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری نسبتا مناسب می‌باشند. گروه سوم برای تمام صفات کم‌ترین میانگین را دارا بودند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت D نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری مناسب نیستند. گروه چهارم برای صفات طول ریشه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه بیش‌ترین و برای سایر صفات میانگین متوسطی نشان دادند. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه همان ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در قسمت B نمودار بای‌پلات هستند. درنتیجه، ژنوتیپ‌های این گروه برای کشت در شرایط تنش شوری نسبتا مناسب می‌باشند.

در کل، با توجه به فاصله ژنتیکی بین ارقام و توده‌های بومی گندم نان گروه دوم و سوم، می‌توان از دورگ‌گیری بین آنها برای گزینش ارقام متحمل به شوری به کمک سایر شاخص‌های تحمل شوری در برنامه‌های به‌نژادی بهره جست.

جدول ۶- مقایسه میانگین و انحراف معیار صفات جوانه‌زنی گندم مابین خوشه‌ها تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 6- Mean comparison and standard deviation of wheat seed germination-related traits between clusters under salinity and normal conditions

شرایط نرمال Normal conditions				
صفات Traits	خوشه اول First cluster	خوشه دوم Second cluster	خوشه سوم Third cluster	خوشه چهارم Forth cluster
تعداد ژنوتیپ‌ها Number of genotypes	58	19	116	105
RL	8.5b	6.9a	10.3c	8.8b
ShL	5.1b	3.5a	8.9d	6.7c
PL	13.5b	10.4a	19.2d	15.6c
WW	0.57b	0.43a	83.d	0.67c
DW	0.057b	0.05a	0.073d	0.066c
ShL_RL	0.63a	0.50a	0.90b	0.80b
GI	0.61b	0.42a	0.84d	0.76c
GR	10.4b	7.1a	15.4d	13.7c
GE	0.72b	0.50a	0.94d	0.86c
GP	73.2b	51.1a	96.4d	88.2c
SV	9.9b	5.4a	18.5d	13.7c

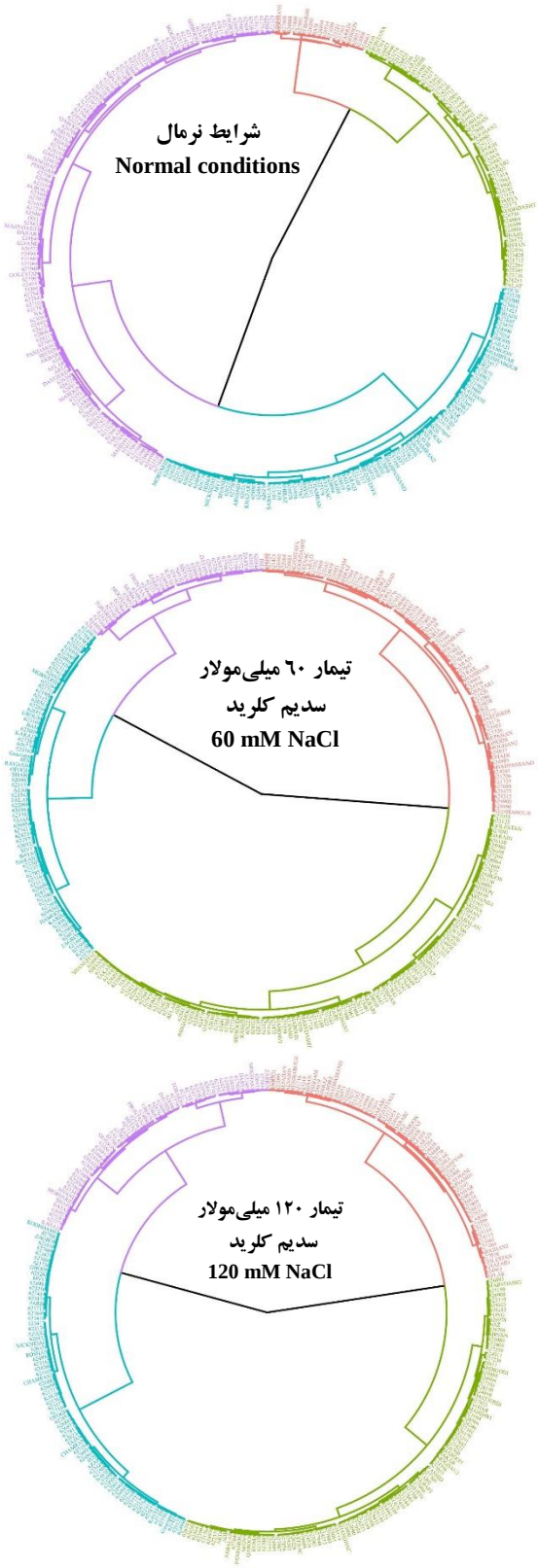
شرایط تنش شوری (۶۰ میلی‌مولار) Salt stress conditions (60 mM)				
صفات Traits	خوشه اول First cluster	خوشه دوم Second cluster	خوشه سوم Third cluster	خوشه چهارم Forth cluster
تعداد ژنوتیپ‌ها Number of genotypes	26	67	92	113
RL	5.4a	6.5b	6.1b	8.1c
ShL	3.4a	5.6b	4.1a	7.3c
PL	8.9a	12.2c	10.1b	15.4d
WW	0.42a	0.59c	0.49b	0.75d
DW	0.045a	0.057c	0.051b	0.065d
ShL_RL	0.64a	0.90b	0.65a	0.93b
GI	0.34a	0.67c	0.52b	0.78d
GR	5.3a	11.2c	8.5b	13.5d
GE	0.41a	0.78c	0.63b	0.90d
GP	42.6a	80.3c	64.5b	91.7d
SV	3.8a	9.8c	6.5b	14.1d

شرایط تنش شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) Salt stress conditions (120 mM)				
صفات Traits	خوشه اول First cluster	خوشه دوم Second cluster	خوشه سوم Third cluster	خوشه چهارم Forth cluster
تعداد ژنوتیپ‌ها Number of genotypes	104	78	26	90
RL	5.5c	4.5b	3.7a	4.8b
ShL	5.1d	3.5b	2.2a	4.4c
PL	10.7d	8.1b	5.9a	9.3c
WW	0.58d	0.40b	0.28a	0.48c
DW	0.058c	0.043b	0.031a	0.050b
ShL_RL	0.94c	0.79b	0.58a	0.95c
GI	0.71d	0.44b	0.23a	0.60c
GR	11.4d	6.7b	3.4a	9.7c
GE	0.85d	0.54b	0.29a	0.71c
GP	41.6a	72.4c	54.5b	81.5d
SV	9.4d	4.4b	1.8a	6.8c

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: not significant, significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively.

Abbreviation; RL, Root length; SHL, Shoot length; PL, Seedling length; WW, Seedling fresh weight; DW, Seedling dry weight; SHL.RL, Root-shoot length ratio; GI, Germination Index; GR, Germination Rate; GE, Germination Energy; GP, Germination Percentage; SV, Seedling Vigor Index



شکل ۲- دندوگرام حاصل از گروه‌بندی‌های ارقام و توده‌های بومی گندم نان براساس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر در سه حالت نرمال و تنش شوری با استفاده از روش Ward

Figure 2- Dndrogram of cluster analysis of bread wheat cultivars and landrace based on seed germination-related traits under salinity and normal conditions using Ward′s method

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنوع برای صفات جوانه‌زنی مثل وزن و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در بین ارقام و توده‌های بومی گندم نان ایران وجود دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که امکان غربال‌گری این ژنوتیپ‌ها به منظور انتخاب مواد ژنتیکی متحمل به شوری در سطح جوانه‌زنی وجود دارد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه عاملی، بای‌پلات و خوشه‌ای، توده‌های بومی IP624925، IP628189 و IP624838 به‌همراه ارقام ADL، AFLAK، KHAZAR1 و RIJAW به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تحت تیمار ۶۰ میلی‌مولار سدیم کلرید شناسایی شدند. همچنین، توده‌های بومی IP627103، IP626566، IP624596، IP625433 و IP628189 به‌همراه ارقام SHIROODI و DIDASTJER به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر تحت تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید انتخاب شدند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند به این وسیله از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران که در پیشبرد این پروژه مؤثر بودند، قدردانی نمایند.

منابع

Reference

Al-Ashkar, I., A.W. Alderfasi, M. F. Ben Romdhane, R. A. Seleiman, A. El-Said, and A. Al-Doss. 2020. Morphological and genetic diversity within salt tolerance detection in eighteen wheat genotypes. Plants. 9(3): 287-293.

Alom, R., M.A. Hasan, M.R. Islam, and Q.F. Wang. 2016. Germination characters and early seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salt stress conditions. J. Crop Sci. Biotechnol. 19: 383–392.

Arzani, A., and M. Ashraf. 2016. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. Crit. Rev. Plant Sci. 35(3), 146-189.

Azadi, A., A. Pazoki, H. Hosseini Siyanaki, M. Zandipour, N. Mirzaabdollah, and E. Abbaszade. 2013. Screening the salinity tolerance of the wheat cultivars at germination and seedling stages. Plant Ecol. 9(34-1): 53-73.

Bakhshayeshi, M., H. Kazemi Arbat, D. Sadeghzadeh Ahari, and H. Bakhshayeshi Geshlagh. 2015. Physiological effects of salt stress (NaCl) on germination and seedling growth of breed wheat (*Triticum Aestivum* L.) genotypes. Field Crops Res. 27(105): 119-126.

Bilkis, A., M.R. Islam, M.H.R. Hafiz, and M.A. Hasan. 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological and agronomic traits of wheat. Pak. J. Bot. 48(2): 455-460.

Borlu, H.O., V. Celiktas, S. Duzenli, A. Hossain, and A. El Sabagh. 2018. Germination and early seedling growth of five durum wheat cultivars (*Triticum durum* desf.) is affected by different levels of salinity. Fresenius Environ. Bull. 27(11): 7746-7757.

Chamhidar, H., and R. Farhoodi. 2019. Evaluation of physiological respons of canola cultivars to salt stress at germination and seedling establishment stage. Env. Stresses Crop Sci. 12(3): 907-921.

Dadshani, S., R.C. Sharma, M. Baum, F.C. Ogbonnaya, J. Léon, and A. Ballvora. 2019. Multi-dimensional evaluation of response to salt stress in wheat. PloS one. 14(9): 16-19.

Dehghanzadeh, H., S. Sanjari, and G. Afsharmanesh. 2012. The effect of salinity stress on some germination indices of promising wheat lines (*Triticum aestivum* L.). Plant Ecol. 8(30): 89-97.

Dhanda, S.S., G.S. Sethi, and R.K. Behl. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. J. Agron. Crop Sci. 190(1): 6-12.

Fallahi, N., A. Babaei Ghaghelestany, M. Asadi Gakieh, and N. Hatami Gharah Ghovini. 2016. The effect of halo-priming on germination indices of wheat under salinity stress. Agroecol. J. 11(4): 25-34.

FAO. 2020. World wheat, corn and rice. Oklahoma State University, FAO Statistics, Oklahoma.

Fathollahy, S. and A. Mozaffari. 2020. Investigation the effect of seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant enzymes activity of seedling and germination indices of two wheat cultivar under salt stress conditions. Iranian J. Seed Sci. Technol. 9:27-44. (In Persian)

Gholinezhad, E. 2012. The effect of salinity stress on germination indices of wheat genotypes. J. Seed Sci. Technol. 1(1): 14-21. (In Persian)

Ghonaim, M.M., H.I. Mohamed, and A.A.A. Omran. 2020. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) salt stress tolerance using physiological parameters and retrotransposon-based markers. Genet. Resour. Crop Evol. 15: 16-22. https://doi.org/10.1007/s10722-020-00981-w.

Javid, S., M.R. Bihamta, M. Omidi, A.R. Abbasi, H. Alipour, and P.K. Ingvarsson. 2022. Ingvarsson. Genome-Wide Association Study (GWAS) and genome prediction of seedling salt tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). BMC Plant Biol. 22(1):581.

Kaur, S., A. Suhalia, R.S. Sarlach, S. Mohd, S. Pritpal, G. Gomti, B. Anureet, and S. Achla. 2022. Uncovering the Iranian wheat landraces for salinity stress tolerance at early stages of plant growth. Cereal Res. Commun. 56: 6-13. https://doi.org/10.1007/s42976-022-00245-6

Kulkarni, M.G., S.G. Sparg, and J. Van Staden. 2007. Germination and post-germination response of Acacia seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. J. Arid Environ. 69(1): 177-187. (In Persian)

Liu, Y., Y. Liu, Q. Zhang, B. Fu, J. Cai, J. Wu, and Y. Chen. 2018. Genome-wide association analysis of quantitative trait loci for salinity-tolerance related morphological indices in bread wheat. Euphytica. 214(10): 164-176.

Meftahizade, H., and Z. Rahmati. 2021. Evaluation of germination and growth characteristics of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under salinity stress condition. Iranian J. Seed Sci Tech. 10(2): 97-109. (In Persian)

Modhej, A. and A. Karbalaei. 2019. Response of seed germination and seedling growth of (*Triticum Aestivum* and *Triticum Durum* L.) wheat genotypes to salinity stress and temperature regimes. Env. Stresses Crop Sci. 12(1): 251-262. (In Persian)

Mohamadi F, N. Bagheri, G. Kiani, and N. Babaeian. 2018. Evaluation of reaction of some rice genotypes to salinity stress at germination stage. J. Breed. Crop. 10(27):20-30. (In Persian)

Munns, R., R.A. James, and A. Läuchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57(5): 1025-1043.

Namvar, A., R. Seyed Sharifi, and H. Hadi. 2018. A Study into the Effects of Salt Stress on Germination Components of Different Wheat (*Triticum Aestivum*) Cultivars. Iranian J. Seed Sci. Technol. 4(2): 1-12. (In Persian)

Nazeer, H., M. Rauf, H. Gul, and T. Yaseen. 2020. Salt stress affects germination and seedling establishment in different wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. J. pure appl. agric. 5(4): 42-51.

Parmoon, G., A. Ebadi, A. Ghaviazm, and M. Miri. 2013. Effect of seed priming on germination and seedling growth of Chamomile under salinity. Crop Product. 7: 145-164. (In Persian)

Panahi, M., G.A. Akbari, J. Roustakhiz, and M. Golbashi. 2012. Response of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) to salinity stress via germination and early seedling growth. Iranian J. Sci. Technol. 12: 211-222. (In Persian)

Rahemi-Karizaki, A., A. Nakhzari Moghddam, and M. Pourabdullah. 2012. The effect of seed vigor on germination and heterotrophic seedling growth response of wheat to salinity. J. Seed Sci. Technol. 2(2): 60-67. (In Persian)

Rauf, M., M. Munir, M. Hassan, M. Ahmad, and M. Afzal. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. Afr. J. Biotechnol. 6(8): 23-32.

Razeghi Yadak, L., M. Azizi and M. Farsi. 2010. To Study the influence of different substrate on Shiitake mushroom fruiting. Iranian J. Field Crop Sci. 8(3): 501-507. (In Persian)

Razeghi-Yadak, F., R. Tavakol Afshari, and F. Sharifzadeh. 2010. Effect of salt stress on acid and alkaline phosphatase activities of embryo axis during early stages of seed germination in two bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. Iranian J. Field Crop Sci. 41(2): 403-411. (In Persian)

Riahi, M., A. Mostajeran, and M. Miroliaei. 2020. Investigation of salinity stress effect on germination of 18 strains wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Plant Environ. Physiol. 15(58): 1-10. (In Persian)

Roy, S.J., S. Negrao, and M. Tester. 2014. Salt resistant crop plants. Curr. Opin. Biotechnol. 26: 115–124.

Norouzi, P., M. Sabzehzari, and H. Zeinali. 2015. Efficiency of some molecular markers linked to rhizomania resistance gene (Rz 1) for marker assisted selection in sugar beet. J. Crop Sci. Biotechnol. 18: 319–323.

Sajedi, N., H. Madani, and A. Sajedi. 2016. The effects of seed priming using distillate water and different rates of selenium on germination, seedling growth traits and seed yield of dry land wheat in laboratory and field condition. Iranian J. Seed Sci. Technol. 5(1):1-14. (In Persian)

Shakeri, E., Y. Emam, M. Jahani, and S. Tabatabaei. 2017. Seed germination responses of sorghum lines and cultivars under salinity stress conditions. Iranian J. Seed Sci. Technol. 5(2): 65-75. (In Persian)

Tazikeh, N., M. Dadashi, and M. Jafari. 2014. The Study of Germination of Two Wheat Genotypes under Salt Stress Condition. Seed Res. 3(4): 1-7.