



تأثير شديد شوری بالای جوانه‌زنی و رشد وراثتی های مختلف گندم افغانستان

پوهنيار سيدقدير دانشيار^۱، پوهنيار محمد مدثر توفيق^۲، پوهنمل فرید احمد شیرزی^۳

^{۱،۲،۳}ديپارتمنت بايوټکنالوژی و توليدی تخم‌های بذری پوهنخی زراعت، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: sqadir2014@gmail.com

چکیده

گندم مهم‌ترین غله در جهان، به‌ویژه در افغانستان، به‌شمار می‌رود و نقش اساسی در تأمین امنیت غذایی دارد. شوری خاک یکی از عوامل محدودکننده‌ی عمده تولید آن در سطح جهان و برخی مناطق افغانستان است. استفاده از وراثتی‌های مقاوم به شوری از مؤثرترین راهکارها برای کاهش اثرات این استرس محسوب می‌شود. خاک‌ها و آب‌های شور با ایجاد اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی، رشد، انکشاف و در نهایت حاصل‌گندم را کاهش می‌دهند. در این تحقیق، واکنش‌ده وراثتی مروج گندم افغانستان به استرس شوری NaCl در سطوح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مول بررسی گردید. صفات جوانه‌زنی (طول جوانه‌ها) و رشد (قد نبات، طول ریشه و وزن تازه) تحت دیزاین در شرایط اقلیمی کابل ارزیابی شد. نتایج نشان داد وافر ۱۵، للمی ۱۵ و دهدادی ۱۳ مقاوم‌تر و افغان ۱۵ و میلاد ۱۳ حساس‌تر بودند.

واژه‌های کلیدی: استرس شوری؛ استرس‌های زنده و غیرزنده؛ رشد گندم؛ جینوتایپ

Severe Effects of Salinity on Germination and Growth of Different Afghan Wheat Varieties

Sayed Qadir Danishiar^{1*}, Mohammad Modaser Tawfeeq², Farid Ahmad Sherzai³

^{1,2,3}Department of Biotechnology and Seed production, Faculty of Agriculture Kabul university, Kabul, Afghanistan

Email: sqadir2014@gmail.com

Abstract

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most important cereal worldwide, especially in Afghanistan. Soil salinity stress limits wheat production globally and in some arable lands in Afghanistan. Identifying salinity-resistant genotypes through genetic resources is an effective strategy. Saline soils or water impair wheat growth by altering physiological processes. This study evaluated ten Afghan wheat cultivars for salinity resistance. Germination (root length) and growth traits (plant height, root length, and fresh weight) were measured under three NaCl levels: control, 100 mMol, and 200 mMol. The experiment followed a Completely Randomized Design (CRD) in pots under Kabul climatic conditions. Salinity at 200 mMol significantly reduced growth in all cultivars, while 100 mMol had milder effects, particularly on Wafer 15, Lalmi 15, and Dedhdadi 13, which were more resistant than Afghan 15 and Milad 13.

Keywords Abiotic And Biotic Stresses; Genotype; Salinity Stress; Wheat Growth

مقدمه

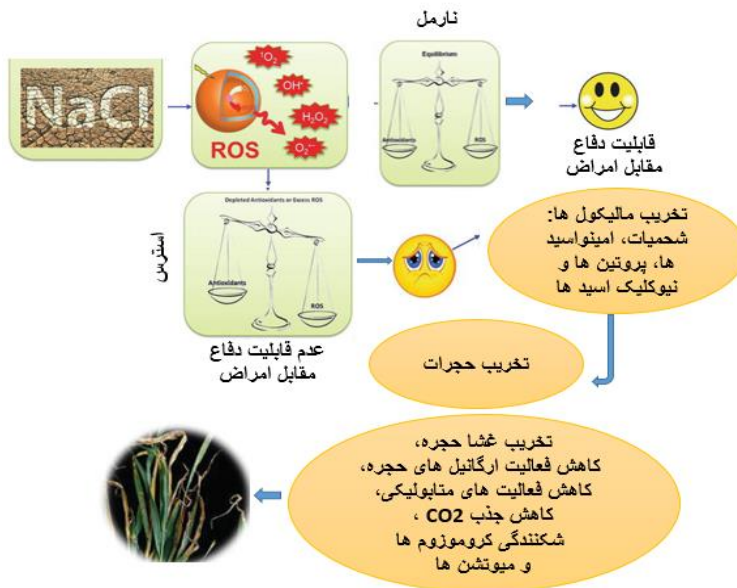
الحمد لله رب العالمين و الصلوة و السلام على سيد المرسلين و على آله و أصحابه أجمعين .

گندم^۱ یکی از نباتات زراعتی مهم در سراسر جهان با تولید سالانه حدود ۷۳۶ میلیون متریک تن است. گندم مهم‌ترین محصول زراعتی و جزء غذاهای اصلی مردم افغانستان است. بر اساس ارقام اداره ملی و اطلاعات افغانستان در سال ۱۴۰۴ جمعیت کشور حدوداً ۳۶،۴ میلیون تخمین شده است که نیاز به ۶،۴ میلیون تن گندم در سال دارند؛ اما بر اساس پیش‌بینی‌های وزارت زراعت، آبیاری و مالداري افغانستان، تولید گندم در سال ۲۰۲۰ در حدود ۵ میلیون تن بود و نیاز به واردات حداقل ۱،۴ میلیون تن گندم (۶۰۰ میلیون دالر) داشت (Soofizada et al., 2023).

استرس محیطی بالای رشد نباتات یک عامل خارجی است که تأثیرات فوق‌العاده منفی را بالای محصولات گندم به‌جا می‌گذارد. استرس در نباتات را می‌توانیم به اساس فکتورهای؛ مانند قابلیت زنده ماندن نبات، حاصلات نبات و یا پروسه جذب و ترکیب غذا که به رشد سرتاسری نبات مرتبط است، اندازه‌گیری نماییم. شوری خاک و آب‌های شور یکی از قوی‌ترین استرس در جهت کاهش قابل‌توجه در محصولات زراعتی، مخصوصاً گندم و اکثر غلات دیگر می‌باشد (Moustafa et al., 2021). شوری تهدیدی بزرگ بالای حدود بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار زمین زراعتی بوده که تحت تأثیر شوری قرار گرفته است که معادل به ۶ فیصد مساحت خشک‌ی جهان است و یک فکتور منفی بالای امنیت غذایی جهان به‌شمار می‌رود که بیش از ۲۰ درصد زراعت امروزی جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Moustafa et al., 2021). شوری خاک به‌طور قابل‌ملاحظه بالای خصوصیات مختلف نبات گندم از جمله فیصدی جوانه‌زنی، رشد جوانه‌ها، قد نبات، طول ریشه، وزن تازه و خشک، ظرفیت جذب آب، باز و بسته شدن ستوماتا، مقدار کلوروفیل، سرعت ترکیب ضیایی، تعرق و روابط آیونیک در حشرات را تحت تأثیر می‌گذارد و مطالعه‌ی جنبه‌های مالیکولی و ظاهری را به‌طور هم‌زمان، پیچیده‌تر می‌سازد (Ahmad et al., 2011). منابع آب شیرین جهت آبیاری نباتات مزروعی در جهان محدود است، ازین جهت استفاده از آب‌های شور برای کشت و پرورش محصولات زراعتی در بعضی مناطق اجتناب‌ناپذیر بوده و تأثیرات منفی شوری بالای محصولات را می‌توانیم را با استفاده از روایتی‌های مقاوم کاهش دهیم که یکی از روش‌های عصری و مؤثر جهت بهره‌برداری از خاک و آب‌های شور محسوب می‌گردد. بنابراین، لازم است تا در مورد تأثیرات استرس شوری بالای خصوصیات مختلف گندم مطالعه بیشتر انجام شود تا میکانیسم‌های مقاومت؛ مانند شکل (۱) در برابر شوری شناسایی شود و از آن در

^۱ Triticum aestivum L.

انتخاب وراثتی‌های مقاوم گندم استفاده شود تا خسارات ناشی از استرس شوری را بالای فعالیت فزیولوژیکی به حداقل برسد (Ahmad et al., 2011; Hasanuzzaman et al., 2017).



شکل ۱: عکس‌العمل فزیولوژیکی گندم در مقابل استرس نمک و غیر متوازن شدن اتی‌اکسیدان‌ها و انواع آکسیجن‌های واکنشی (ROS) در حجرات نبات (Hasan et al., 2015)

در افغانستان هزارها هکتار زمین زراعتی شورزار، به شمول مسیر دریا‌های بزرگ و کوچک وجود دارد که حاصلات گندم را به شدت کاهش می‌دهد. متأسفانه هیچ‌کدام از وراثتی‌های اصلاح‌شده‌ی موجود توسط وزارت زراعت آبیاری و مالداری یا دیگر مراجع به دهقانان سفارش نشده است که برای مناطق شورزار مناسب باشد.

طوری که گندم مهم‌ترین محصول زراعتی و جزء غذاهای اصلی مردم افغانستان بوده و از لحاظ استفاده به درجه‌ی اول قرار دارد و بدون نان گندم غذای مردم نامکمل است. تغییرات اقلیمی (خشک‌سالی‌های بی‌درپی)، آبیاری با آب‌های شور و سایر آفات طبیعی دیگر باعث کاهش محصولات در سال‌های اخیر شده‌اند و علت این‌که افغانستان نتوانسته است در تولید گندم خودکفا شود، همین عوامل می‌باشد. راه‌های زیادی برای بهبود این مسائل وجود دارد که از آن جمله مؤثرترین و کم‌هزینه‌ترین آن انتخاب وراثتی‌های مقاوم است. مخصوصاً وراثتی‌های مقاوم در مقابل شوری از اهمیت حیاتی برخوردار است. اما تا هنوز درجه‌ی‌های مقاومت وراثتی‌های گندم تحت کشت در مقابل استرس‌های فزیولوژیکی شوری

مشخص نشده و عدم معلومات دهقانان در مورد درجه‌ی تحمل این وراثتی‌ها باعث مشکلات در تولید گندم شده است. این مطالعه به اساس دو مسأله‌ی اساسی ذیل طراحی شده است.

۱- مشخص نبودن درجه‌ی تحمل (مقاوم، نیمه‌مقاوم و حساس) در مقابل شوری نمک در وراثتی‌های متذکره.

۲- استفاده دهقانان از وراثتی‌های گندم بدون معلومات در ارتباط به مقاومت در مقابل شوری که این عمل اکثراً باعث کاهش در تولید محصولات گندم می‌شود.

با آن‌که افغانستان اقلیم مناسب برای زراعت دارد؛ اما ضرورت شدید به تحقیقات جهت رفع نیازهای ضروری تأمین امنیت غذایی برای شهروندان می‌باشد. فایق آمدن بر این معضله یگانه راه رسیدن به مصونیت و تأمین غذایی استفاده از روش‌ها و ابزارهای جدید و هم‌چنین تحقیقات علمی در سکتور زراعت است.

در حدود ۸۰۰ میلیون هکتار زمین زراعتی در سطح جهان توسط شوری متأثر شده است (Akhtar et al., 2015). در افغانستان آب ایستاده‌ی غزنی، دریاچه‌ی نمک‌زار هرات، دریاچه‌ی داغ نمکی در فراه، دریاچه‌ی اندخوی در فاریاب و عبور دریای آب شور "نمک‌آب" در ولایت تخار در شمال شرق افغانستان از میان معدن‌های نمک باعث شده که مقدار زیادی نمک با آب رودخانه حل شود و بعد زمین‌های زراعتی را به شورزار تبدیل کند (Favre et al., 2004).

آب شور باعث استرس قوی آسموتیکی و ایونی زهری در حجره‌های نبات شده و در نتیجه باعث توقف جوانه‌زنی و رشد جوانه می‌شود. مقاومت در مقابل شوری خاصیت ارثی نباتات بوده که به درجه‌ی‌های مختلف تحمل را در مقابل اثرات استرس شوری در ریشه و برگ‌های نباتات ایجاد می‌کند (Rahaie et al., 2010). اصلاح‌کنندگان نباتات در جست‌وجوی تشخیص منابع جنتیکی یا جرم پلازم است که مقاومت در مقابل استرس آسموتیکی و ایونی داشته باشد و در پروگرام‌های نسل‌گیری نباتی مورد استفاده قرار گیرد (Khan et al., 2006).

هدف اصلی این تحقیق تشخیص وراثتی‌های مقاوم و حساس در مقابل استرس شوری جهت سفارش برای مناطق شورزار و پروگرام نسل‌گیری در افغانستان. و هم‌چنان شناسایی مشخصات مورفولوژیکی مقاومت وراثتی‌های گندم در مقابل خاک‌های نمکی یا شور.

روش تحقیق

ورایتی های تحت آزمایش

این تحقیق بالای ده وراثتی گندم انجام شده است، که از طریق مؤسسات خارجی با استفاده از همکاری مشترک با وزارت زراعت افغانستان دارد و در طی سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ میلادی به افغانستان آورده شده است و تمام مشخصان آن در جدول ۱ ذکر گردیده است.

جدول ۱: منبع ده وراثتی گندم می‌باشد که از مؤسسات تحقیقاتی بین المللی در افغانستان در بین سال‌های ۲۰۱۳ الی ۲۰۱۵ آورده شده است که شماره های ۱۳ و ۱۵ سال (۲۰۱۳ و ۲۰۱۵) را نشان میدهد (وزارت زراعت)

شماره	ورایتی	نوع	منبع	شجره
۱	دهدادی ۱۳	اختیاری	ICARDA	PYN/BAU//MILAN
۲	بختاور ۱۳	زمستانی	FRENCH	ISENGRAIN X ORNICAR
۳	زرین ۱۳	بهاری	ICARDA	TAN"S"/VEE"S"/OPATA
۴	میلاد ۱۳	زمستانی	FRENCH	(orpic X isengrain) X
۵	کابل ۱۳	بهاری	CIMMYT	WAXWIND*2/TUKARU
۶	وحدت ۱۵	زمستانی	CIMMYT	KIRATATI/4/2/*SERI.LB*2/3 KAUZ*2BOW/KAUZ
۷	افغان ۱۵	اختیاری	CIMMYT	WHEAR//2*PRL*PASTOR
۸	وافر ۱۵	اختیاری	ICARDA	BABAX/LR42//BABAX*2//3TUKURU
۹	بهار ۱۵	اختیاری	CIMMYT	CAL/NH//H567071/3//SERI/4/CAL/NH /H567071....
۱۰	للمی ۱۵	بهاری	ICARDA	MTRWA920161/ PRINIA/5/SIRI*3//RL6010....

محل تحقیق

این مطالعه در لابراتوار دیپارتمنت بایوتکنالوژی و تولید تخم‌های بذری و فارم تحقیقاتی پوهنخی زراعت پوهنتون کابل انجام شده است.

آزمایش جوانه‌زنی ان‌ویترو (In-vitro Test)

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی^۲ به منظور ارزیابی قدرت جوانه‌زنی ۱۰ وراثتی گندم که در جدول ۱ نشان داده شده در برابر استرس شوری (NaCl) به غلظت‌های مختلف (کنترل، ۱۰۰ ملی مول و ۲۰۰ ملی مول) طرح و راه‌اندازی گردیده است. تخم‌های نورمال اولاً انتخاب شده و بعد برای آزمایش جوانه‌زنی در پتری دیش‌های شیشه‌ای استریل شده حاوی سه لایه^۳ مرطوب شده با شش ملی لیتر آب با غلظت‌های مختلف کنترل، ۱۰۰ ملی مول و ۲۰۰ ملی مول در سه تکرار انجام شد. در هر یک از تریمنت شوری یک وراثتی به تعداد ۳۰ عدد تخم گندم که در سه ظرف شیشه‌یی^۴ جاگزین شده بود، مورد آزمایش قرار گرفت. پتری دیش‌ها سرپوش شده و توسط چسپ پارافلم محکم بسته شده تا از تبخیر آب جلوگیری صورت گیرد و به مدت ۵ روز در جرمیناتور تحت ۲۵°C گذاشته شد.

کشت در گلدان‌ها

به منظور ارزیابی توانایی مقاومت جنتیکی ده وراثتی گندم در برابر استرس شوری، این تحقیق در بهار سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی در مزرعه‌ی تحقیقاتی پوهنخی زراعت پوهنتون کابل تحت شرایط طبیعی و فضای باز راه‌اندازی گردید. آزمایش بر اساس طرح کاملاً تصادفی (CRD) اجرا شد که در آن سه سطح شوری شامل صفر ملی مول (کنترل)، ۱۰۰ ملی مول و ۲۰۰ ملی مول سودیم کلوراید در نظر گرفته شد. هر وراثتی تحت هر سه سطح شوری مورد آزمایش قرار گرفت، در نتیجه برای هر وراثتی سه تریمنت موجود بود. هر تریمنت دارای دو تکرار (دو گلدان) بود، بنابراین، مجموعاً برای ده وراثتی و سه سطح شوری، ۶۰ گلدان مورد استفاده قرار گرفت.

گلدان‌ها دارای قطر ۲۵ سانتی متر بوده و با خاک کلی لوم که از یک ساحه‌ی مشخص مزرعه جمع آوری گردیده بود، تا ۵ سانتی متر پایین تر از لبه گلدان پر شدند. برای تأمین مواد غذایی، کود DAP به مقدار ۳۰ گرم در هر گلدان با خاک مخلوط گردید. در تاریخ ۱۳ حمل، در هر گلدان ۵ تخم سالم و یک‌نواخت در عمق ۱ سانتی متری کشت شد. پس از سبز شدن، در صورت تفاوت در رشد، نباتات ضعیف حذف گردیده و در هر گلدان ۵ نبات یک‌نواخت حفظ گردید. آبیاری تمام گلدان‌ها هر سه روز یک‌بار بر اساس ضرورت آبی انجام شد و نباتات تا ۳۰ روز پس از سبز شدن با آب عادی آبیاری گردیدند. بعد از این مرحله، تیمارهای شوری از طریق محلول‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ ملی مول سودیم کلوراید

^۲ Completely Randomized Design

^۳ Blotting Paper

^۴ Petri dish

تطبیق شد و این روند با وقفه سه‌روزه تا ظهور علایم فیزیولوژیکی شوری ادامه یافت، در حالی که گلدان‌های کنترل با آب بدون نمک آبیاری شدند.

برای ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی در شرایط لابراتواری، از هر ورایتی در هر سطح شوری سه پتری‌دش به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شد و در هر پتری‌دش ۱۰ تخم قرار داده شد. در روز پنجم بعد از جوانه‌زنی، از هر پتری‌دش ۵ جوانه به‌صورت تصادفی انتخاب گردید، به‌گونه‌ای که مجموعاً در هر تریتمنت ۱۵ جوانه اندازه‌گیری شد. طول رادیکل هر جوانه با خط‌کش میلی‌متری با دقت ۰٫۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید و اوسط طول رادیکل برای هر پتری‌دش از مجموع طول جوانه‌های اندازه‌گیری شده تقسیم بر تعداد آن‌ها (۵ جوانه) محاسبه شد، سپس اوسط سه پتری‌دش به‌عنوان اوسط نهایی آن تریتمنت در نظر گرفته شد.

در مرحله رشد نبات در گلدان، جمع‌آوری ارقام از صفات قد نبات، طول ریشه و وزن تازه انجام شد. در هر گلدان ۵ نبات موجود بود که از میان آن‌ها ۳ نبات به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. انتخاب تصادفی به این صورت انجام شد که نباتات شماره‌گذاری شده و با استفاده از جدول اعداد تصادفی یا قرعه‌کشی سه نبات تعیین گردید. بنابراین در هر تریتمنت (دو گلدان) مجموعاً ۶ نبات مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. قد نبات از سطح خاک تا نوک بلندترین برگ با متر نواری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه، نباتات به آرامی از خاک خارج شده، ریشه‌ها با آب شسته شده و طول ریشه اصلی با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری گردید. وزن تازه هر نبات بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتال با دقت ۰٫۰۱ گرم تعیین شد.

برای محاسبه‌ی اوسط صفات ابتدا اوسط هر گلدان از مجموع مقادیر سه نبات انتخاب‌شده تقسیم بر ۳ محاسبه گردید، سپس اوسط دو گلدان (دو تکرار) با هم جمع و بر ۲ تقسیم شد تا اوسط نهایی هر تریتمنت به‌دست آید. این روش محاسبه باعث کاهش خطای نمونه‌گیری و افزایش دقت در برآورد مقاومت ورایتی‌ها در برابر سطوح مختلف شوری گردید. کلیه ارقام به‌دست آمده بعداً برای تجزیه و تحلیل احصایوی مورد استفاده قرار گرفت تا تفاوت بین ورایتی‌ها و سطوح مختلف شوری به‌صورت علمی ارزیابی گردد.

تحلیل ارقام

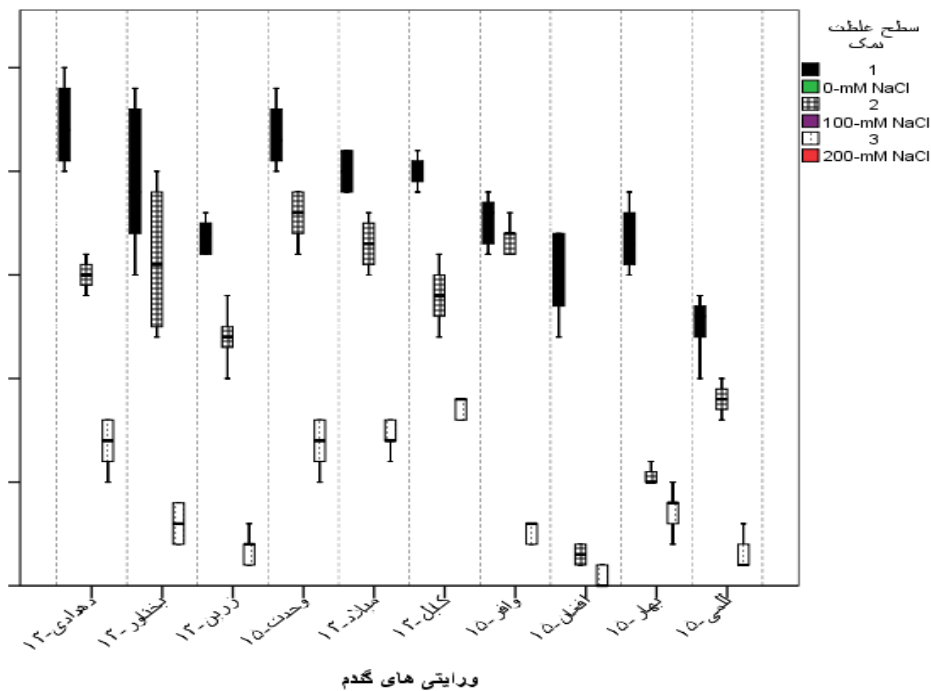
در این تحقیق ارقام از دو مرحله‌ی اساسی، یعنی جوانه‌زنی و رشد علفی قبل از خوشه جمع‌آوری گردید که اکثر محققین تا مرحله‌ی علفی را برای تحمل نبات در مقابل شوری حیاتی می‌دانند

(Akhtar et al., 2015). ارقام جمع‌آوری شده با استفاده از دیزاین تحقیق طرح کاملاً تصادفی فکتوریل^۵ تحلیل گردید. برای مقایسه‌ی اوسط‌ها، طرح توکی در سطح پنج درصد به کار رفت. تحلیل ارقام با استفاده از برنامه‌ی نرم‌افزارهای IBM SPSS (v21) و SAS) ویرژن ۲/۹ (SAS Institute, 2002) انجام شد. تحلیل واریانس (ANOVA) و مقایسه‌های چندگانه (LSD) و گراف‌ها به اساس نسبت F و $P < 0.05$ (value) صورت گرفت.

یافته‌ها

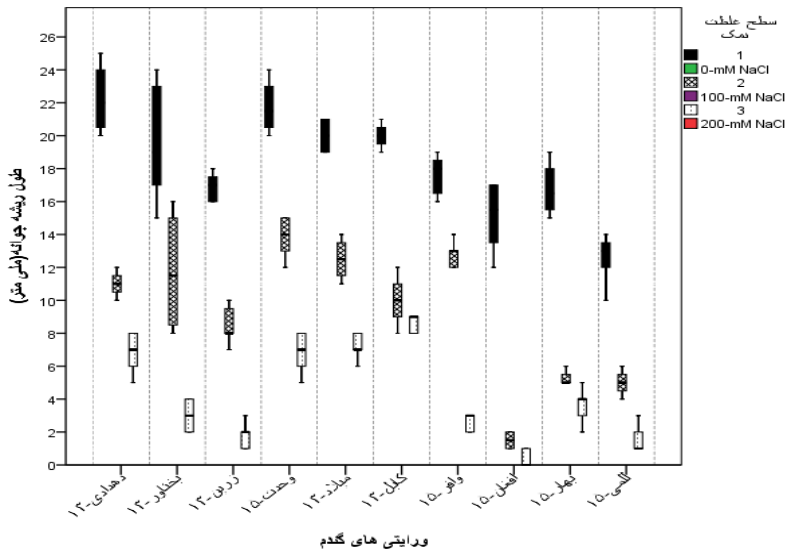
آزمایش جوانه‌زنی ان‌ویترو (In-vitro Test)

شکل ۳ و ۴ نشان می‌دهد که در بین وراثتی‌ها بعضی از آن‌ها عمل‌کرد مناسب را در شرایط آب‌های شور دارد که از جمله وراثتی‌های کابل-۱۳، وحدت-۱۵، وافر-۱۳ بیشترین مقاومت را نشان می‌دهد. وراثتی‌های للمی-۱۵ و زرین-۱۳ حساس‌ترین جینوتایپ را در مقابل شوری نشان می‌دهد.



شکل ۳: باکس پلات اوسط طول ریشه‌ی جوانه‌های ۱۰ وراثتی گندم در سه سطح غلظت نمک در سال ۱۴۰۰ هـ. ش

^۵ Completely Randomized Design



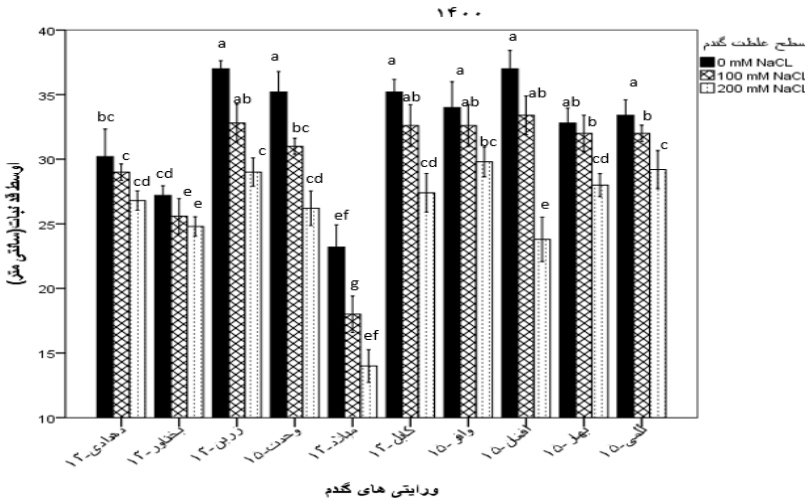
شکل ۴: باکس پلات اوسط طول ریشه‌ی جوانه‌های ۱۰ وراثتی گندم در سه سطح غلظت نمک در سال ۱۴۰۱ ه. ش. نتیجه‌ی به دست آمده از جدول‌های تحلیل وریانس (ANOVA) در طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی نشان می‌دهد که تفاوت قابل ملاحظه در بین وراثتی‌های مورد مطالعه وجود دارد، هم‌چنان سه سطح غلظت آب شور تأثیر قابل ملاحظه ($P < 0.01$) بالای رشد جوانه‌ی هریک وراثتی‌ها در هر دو سال گذشته است.

به اساس تحلیل و تجزیه‌ی ارقامی که در باکس پلات (Box Pot) طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ آمده، یک تعداد از وراثتی‌های مورد مطالعه مقاومت نسبی را نشان می‌دهد در حالی که یک تعداد از آن‌ها بسیار حساس بوده در شرایط خاک یا آب شور جوانه‌ی آن‌ها به پایین‌ترین سطح رشد تنظیم می‌شود. غلظت نمک بالای جوانه‌زنی وراثتی‌ها در سه سطح صورت گرفته نشان می‌دهد که مقاومت وراثتی‌های کابل ۱۳ که رشد ریشه‌ی جوانه یا رادیکل (Radicle) در ۱۰۰ میلی‌مول در حدود ۱۴ میلی‌متر و در غلظت ۲۰۰ میلی‌مول نزدیک به ۹ میلی‌متر رشد داشته که در درجه‌ی اول مقاومت را در بین انواع مورد مطالعه نشان می‌دهد. به همین ترتیب و حدت ۱۵ با اوسط رشد ۷ و میلاد ۱۳ با رشد ۶٫۵ میلی‌متر در ۲۰۰ میلی‌مول به ترتیب به درجه‌ی‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند.

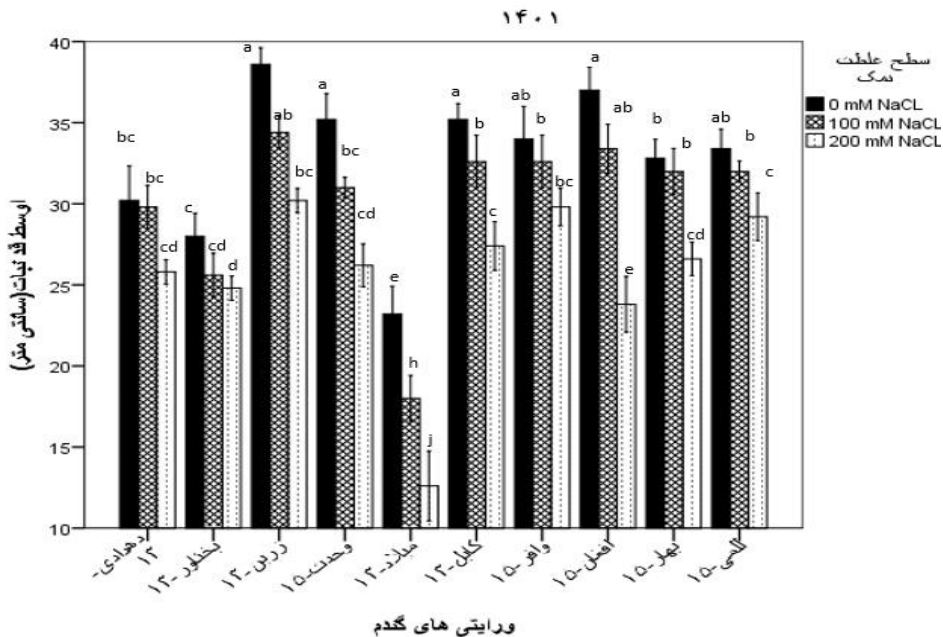
استرس شوری بالای قد گندم

ارقام جمع‌آوری شده از قد گندم در جدول تحلیل وریانس نشان می‌دهد که غلظت نمک بالای وراثتی‌های متذکره تأثیر قابل ملاحظه ($P < 0.01$) داشته است. جدول تحلیل وریانس در دو سال تحقیق، یعنی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی این تأثیر را تصدیق می‌کند.

استرس خاک و آب‌های شور می‌تواند بالای بعضی از وراثتی‌ها نسبت به دیگر بیشتر قابل مشاهده باشد و تحمل بلند یک وراثتی نسبت به آن استرس یکی از خصوصیات مثبت شمرده می‌شود. طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، یک تعداد از وراثتی‌ها به درجه‌ی عالی مقاومت جنتیکی در مقابل استرس آب شور نشان داده در حالی که بعضی از آن‌ها تحمل متوسط و بعضی دیگر بسیار حساس می‌باشد. به همین ترتیب نظر به شکل‌های ۶ و ۷ که تحلیل ارقام طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی را نشان می‌دهد، گندم‌های مورد مطالعه در سه کتگوری نسبت به تحمل استرس آب شور درجه‌بندی می‌شود. وراثتی للمی ۱۵ که تفاوت بین نارمل و استرس اول (۱۰۰ میلی‌مول) در حدود ۳ سانتی‌متر و بین نارمل و استرس دوم (۲۰۰ میلی‌مول) در حد ۸ سانتی‌متر می‌باشد، این تفاوت در وراثتی وافر ۱۵ بین استرس اول و دوم نسبت به نارمل به ترتیب ۴ سانتی‌متر و ۹ سانتی‌متر و در وراثتی دهدادی به ۳ و ۷ سانتی‌متر و به همین ترتیب در وراثتی بختاور به ۵ و ۷ سانتی‌متر می‌رسد که نشان‌دهنده‌ی مقاومت نسبی جنتیکی در مقابل استرس نمک است؛ اما بعضی از آن‌ها، که کمترین تحمل را نسبت به استرس نمک داشته، عبارت‌اند از وراثتی‌های میلاد و افغان. وراثتی میلاد که تفاوت بین استرس اول و دوم نسبت به نارمل در حد ۱۴ و ۳۰ سانتی‌متر و وراثتی افغان تفاوت ۸ و ۱۹ سانتی‌متر را نسبت به نارمل نشان می‌دهد و این ارقام در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی عین نتیجه را تصدیق می‌کند.



شکل ۶: چارت قد ده وراثتی گندم تحت شرایط نارمل و غلظت نمک به سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مول در سال ۱۴۰۰ هـ. ش



شکل ۷: چارت قد ده وراثتی گندم تحت شرایط نارمل و غلظت نمک در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ ملی مول در سال ۱۴۰۱ ه. ش.

استرس شوری بالای طول ریشه‌ی گندم

جدول شماره ۶، تحلیل وریانس (ANOVA) را نشان می‌دهد که غلظت نمک بالای طول ریشه‌ی هرکدام از وراثتی‌های متذکره تأثیر قابل‌ملاحظه ($P < 0.01$) داشته و عکس‌العمل جنتیکی انواع وراثتی‌های انتخاب‌شده در مقابل غلظت بلند ایون سودیم از همدیگر متفاوت می‌باشد. جدول تحلیل وریانس در دو سال تحقیق یعنی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هجری شمسی این تأثیر را نشان می‌دهد. طول ریشه‌ی وراثتی‌های گندم تحت غلظت‌های مختلف نمک مورد مطالعه قرار گرفت؛ به اساس تحلیل ارقام جدول شماره (۸) مشاهده می‌شود که از مجموع آن‌ها وراثتی للمی ۱۵، وافر ۱۵ و بختاور ۱۳ کمترین تفاوت طول ریشه را نشان می‌دهد. تفاوت بین غلظت‌های نارمل نسبت به ۱۰۰ و ۲۰۰ ملی مول سودیم کلوراید به ترتیب ۱ و ۲ سانتی‌متر می‌باشد. تفاوت بین غلظت نارمل و ۱۰۰ و ۲۰۰ ملی مول در وراثتی‌های میلاذ ۱۳، افغان ۱۵ و زرین ۱۳ بیشترین تفاوت را به طور اوسط به ترتیب ۴ و ۶ سانتی‌متر نشان می‌دهد که حساس‌ترین انواع می‌باشد. این ارقام در دو سال متواتر ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ ه. ش تقریباً عین نتیجه را به ما نشان داده است.

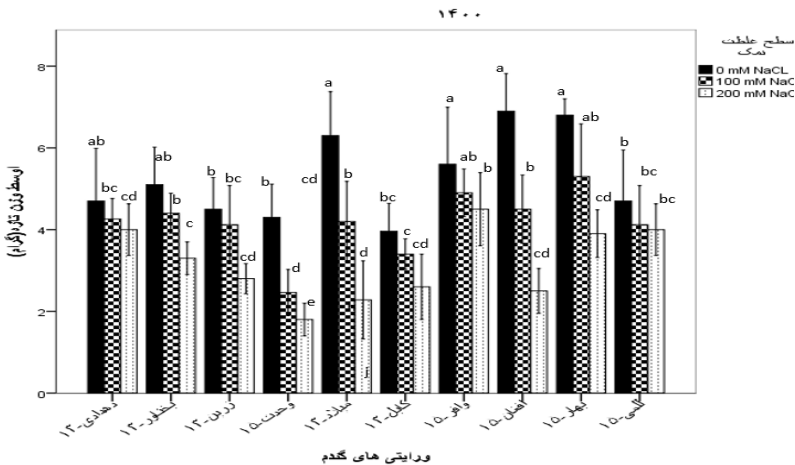
جدول ۲: اوسط طول ریشه‌ی ده وراثتی گندم افغانستان تحت غلظت‌های کنترل، ۱۰۰ میلی‌مول و ۲۰۰ میلی‌مول سدیم کلوراید در طی دو سال تحقیق ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ هـ. ش

سطح غلظت نمک (مول)

۲۰۰ میلی مول NaCl		۱۰۰ میلی مول NaCl		کنترل		وراثتی
۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	
۱۷ ± ۳.۳۱ ^{cd}	۱۷.۴ ± ۲.۲ ^{cd}	۱۹.۲ ± ۳.۴ ^c	۱۸.۶ ± ۲.۲۴ ^c	۲۸ ± ۲.۳۳ ^a	۳۰ ± ۲.۵۳ ^a	دهدادی-۱۳
۱۹.۸ ± ۰.۹۸ ^c	۱۸.۳ ± ۱.۳۳ ^c	۲۰ ± ۳.۹ ^b	۱۹.۷ ± ۱.۷۲ ^c	۲۱.۸ ± ۲.۷۱ ^b	۲۰.۸ ± ۱.۷۲ ^b	بختاور-۱۳
۱۴.۲ ± ۱.۳۳ ^e	۱۰.۲ ± ۰.۴ ^g	۱۵ ± ۲.۲۸ ^d	۱۴.۴ ± ۱ ^{de}	۲۰.۸ ± ۴.۱۷ ^b	۱۵.۶ ± ۱.۲ ^d	زرین-۱۳
۲۰.۴ ± ۲.۱ ^b	۱۲.۸ ± ۰.۷ ^{ef}	۲۳ ± ۳.۴۳ ^{ab}	۱۳.۶ ± ۱.۷۴ ^e	۲۳.۲ ± ۳.۴ ^{ab}	۱۴.۸ ± ۲ ^{de}	وحدت-۱۵
۱۵.۶ ± ۲.۰۶ ^d	۱۰ ± ۰.۸ ^g	۲۰ ± ۱.۴۱ ^b	۱۱ ± ۰.۸ ^{ef}	۲۵.۴ ± ۱.۵ ^b	۱۶ ± ۰.۸ ^d	میلاد-۱۳
۱۹.۴ ± ۳.۴۴ ^c	۹.۶ ± ۰.۸ ^g	۲۳.۲ ± ۱.۷ ^{ab}	۱۱.۴ ± ۱.۳ ^{ef}	۲۳.۴ ± ۱.۹۶ ^b	۱۲.۴ ± ۱.۳ ^e	کابل-۱۳
۱۶.۴ ± ۱.۸۵ ^d	۱۸.۲ ± ۱.۹ ^c	۱۷.۲ ± ۲.۳ ^{cd}	۱۹.۶ ± ۱.۰۲ ^c	۱۹.۶ ± ۱.۸۵ ^c	۲۰.۸ ± ۱.۷ ^b	وافر-۱۵
۱۷.۲ ± ۰.۹ ^{cd}	۱۴ ± ۲.۲۵ ^{de}	۲۲.۸ ± ۱.۶ ^{ab}	۱۶.۲ ± ۰.۹ ^d	۲۶.۲ ± ۱.۸۳ ^a	۲۰.۶ ± ۲.۳ ^b	افغان-۱۵
۱۹.۴ ± ۲.۱۵ ^c	۱۴.۶ ± ۱.۳ ^{de}	۲۰.۶ ± ۱.۵ ^b	۱۶.۶ ± ۱.۲ ^d	۲۱.۲ ± ۱.۷۲ ^b	۲۴ ± ۰.۸۹ ^{ab}	بهار-۱۵
۱۹.۲ ± ۳.۹ ^c	۱۷.۸ ± ۱.۸ ^{cd}	۲۰.۶ ± ۱.۲ ^b	۱۸.۶ ± ۰.۸ ^c	۲۱.۶ ± ۲.۶ ^b	۱۹.۸ ± ۰.۷۵ ^c	للمی-۱۵

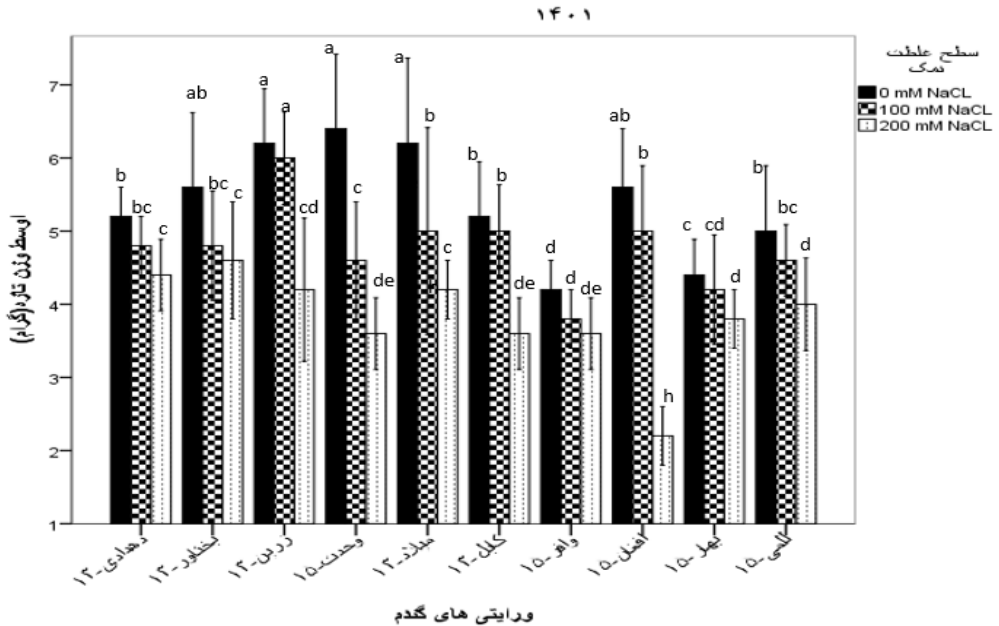
استرس شوری بالای وزن تازه

نتیجه تحلیل وریانس (ANOVA) جدول (۹) نشان می‌دهد که تأثیر غلظت‌های نمک بالای گندم قابل‌ملاحظه ($P < 0.05$) است و این تأثیر در شکل‌های (۸) و (۹) به طور واضح مشاهده می‌شود.



شکل ۸: چارت وزن تازه ده وراثتی گندم تحت شرایط نارمل و غلظت نمک به سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مول در سال ۱۴۰۰ هـ. ش

هـ. ش



شکل ۹: چارت وزن تازه ده ورایتی گندم تحت شرایط نارمل و غلظت نمک به سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مول در سال ۱۴۰۱ ه. ش

مناقشه

طول ریشه‌ی جوانه^۷

به اساس مطالعات انجام شده آب شور به طور قابل ملاحظه بالای نسبت K^+ / Na^+ تأثیر گذاشته و سبب کاهش حاصلات می شود.

شوری بالای رشد جوانه‌ها به شدت تأثیر منفی دارد. در همه‌ی جینوتایپ‌ها این پارامتر در شکل‌های شماره (۴ و ۳) نشان داده شده است. اثر سطوح مختلف شوری که غلظت Na^+ را افزایش داده و رشد جوانه‌ها را آهسته می‌سازد حتی در بعضی ورایتی‌ها در سطح غلظت ۲۰۰ میلی مول توقف یافته است. غلظت بلند شوری، استرس آسموسس نارمل را در نبات مختل کرده و نفوذ مالیکول‌های آب در داخل حجرات صورت نمی‌گیرد که در نتیجه نبات به قلت آب مواجه شده و از رشد آن جلوگیری می‌شود. در این مطالعه ورایتی‌های کابل، وحدت و وافر بیشترین مقاومت را نشان می‌دهد. ورایتی‌هایی؛ مانند افغان و للمی حساس‌ترین ورایتی را در مقاومت در مقابل شوری نشان دادند. فیصدی جوانه‌زنی

^۶ Radicle lenght

جینوتایپ‌ها تحت شرایط شوری ۲۰۰ ملی‌مول به شدت کاهش پیدا می‌کند؛ اما در وراثتی للمی در غلظت ۱۰۰ ملی‌مول تفاوت جوانه‌ها نسبت به کنترل بسیار اندک است که می‌تواند از جمع وراثتی مقاوم به شمار رود. زیرا در افغانستان آب‌های شور غلظت کمتر از ۱۰۰ ملی‌مول دارد که للمی یکی از مقاوم‌ترین وراثتی بر علاوه دو وراثتی متذکره، درجه‌ی بندی می‌شود.

نتیجه‌ی این تحقیق توسط دیگر تحقیقات انجام شده به شکل واضح تصدیق و تأیید گردیده، طوری که استرس آسموسس نمک باعث کاهش شدید در رشد ریشه‌ی جوانه گردیده است. به اساس تحقیق سکندری و کاظمی (۲۰۱۱) رشد ساقه و ریشه‌ی جوانه^۷ در نتیجه‌ی اختلال فزیولوژیکی تحت تأثیر منفی شوری قرار می‌گیرند که ممکن است به دلیل سمیت ایونی، اختلال در جذب مواد مغذی باشد. به همین ترتیب اثرات آسموسس و جذب آب منجر به کاهش ترشح انزایم‌ها، هورمون‌های مهم نباتی برای رشد نبات می‌شود (Eskandari & Kazemi, 2011). سرور و همکارانش (۲۰۱۴) کاهش درصد جوانه زنی را مشاهده کردند که ناشی از اثر آسموسس نمک‌های موجود در محیط رشد می‌باشد. استرس شوری اعمال شده در مرحله‌ی جوانه زنی به غشای حجروی نبات آسیب می‌رساند که در نتیجه نفوذپذیری غشای سلولی افزایش می‌یابد و در نتیجه جاگزین Ca^{2+} با Na^{+} و K^{+} می‌شود که اختلال شدید در رشد ریشه‌ی جوانه وارد می‌کند. موجودیت شوری باعث کاهش جذب آب به دلیل پایین آمدن استرس نارمل آسموسس در حجرات می‌شود که بالای تقسیم و انکشاف حجرات تأثیر منفی می‌گذارد (AYED et al., 2014).

قد نبات

تحت استرس نمک، مقدار Na^{+} نسبت به K^{+} بسیار بلند می‌باشد. افزایش Na^{+} و Cl^{-} نه تنها سطح Ca^{2+} را کاهش می‌دهد بلکه انتقال Ca^{2+} و K^{+} را به قسمت‌های در حال رشد نبات آهسته می‌کند و بالای کیفیت و کمیت حاصلات به شکل قابل ملاحظه تأثیر منفی می‌گذارد (Rahnama et al., 2010). رشد، یکی از خصوصیات بارز نباتات است که افزایش آن به معنی حاصلات بلند گفته می‌شود. قد وراثتی‌های گندم در دو سطح غلظت نمک نسبت به کنترل مورد ارزیابی قرار گرفت. وراثتی للمی، وافر و دهدادی مقاومت نسبی جنتیکی در مقابل استرس نمک دارد، اما میلاد و افغان حساس‌ترین انواع شناسایی شدند. مطالعه‌ی فوق در مراحل جوانه‌زنی و رشد انجام شد، رشد جسمی گندم به طور

^۷ Radicle

مستقیم بالای حاصلات دانه و کیفیت آن تأثیر دارد. بنابراین، قد گندم می‌تواند یک شاخص عمده‌ی فیزیکی و فزیولوژیکی کمیت و کیفیت دانه گندم به شمار رود.

در سال ۲۰۱۶ اوهاداچ و همکارانش در مراکش تحقیقی انجام دادند که نشان می‌داد تفاوت ارتفاع گندم، وزن تازه و خشک در شرایط نمکی در هر متر مربع نسبت به نارمل معنی‌دار ($P < 0.05$) بوده است (Ouhaddach et al., 2018). به همین ترتیب طی سال‌های ۷-۲۰۰۸ به تعداد ۴۷ جینوتایپ گندم در اسلام‌آباد پاکستان تحت شرایط شوری مورد آزمایش قرار گرفتند و نتیجه تجزیه و تحلیل در طول هر دو سال نشان داد که جینوتایپ‌ها از نظر ارتفاع نبات، وزن خشک، تیلر، طول خوشه و وزن ۱۰۰۰ دانه و عمل‌کرد در مترمربع تفاوت معنی‌داری داشتند. ارتفاع با عمل‌کرد دانه، وزن خشک، طول خوشه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت قوی دارند (Ahmad et al., 2011).

طول ریشه

بسیاری از مطالعات نشان داده است که غلظت بلند Na^+ و Cl^- در محلول خاک باعث اختلال در جذب مواد معدنی خاک می‌شود (Hussain et al., 2021). همچنان آسیب شدید آسموسس و ایونی را که منجر به کاهش عمل‌کرد و کیفیت می‌شود به نبات به وجود می‌آورد.

ریشه‌ی نبات رول اساسی در جذب عناصر معدنی از خاک دارد و افزایش رشد آن در خاک به نبات کمک می‌کند که مواد غذایی بیشتر را از خاک جذب کند. شوری محدود کننده‌ی قوی رشد ریشه است. سه وراثتی مانند للمی، وافر و بختاور کمترین تفاوت طول ریشه را در غلظت‌های شوری نسبت به کنترل نشان می‌دهد. وراثتی‌های میلاد، افغان و زرین با داشتن تفاوت بلند در غلظت شوری نسبت به کنترل حساس‌ترین وراثتی‌ها است و این تأثیر توسط دیگر محققین نیز تصدیق تأیید شده است.

در تحقیقی که الوم و همکارانش در چین (۲۰۱۶) کرده اند نشان می‌دهد که طول ریشه‌ی همه‌ی وراثتی گندم‌های تحت آزمایش به طور معنی‌دار تحت تأثیر استرس شوری قرار می‌گیرد. با افزایش استرس شوری در سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مول سودیم کلوراید طول ریشه کاهش پیدا کردند و تغییرات بین تمام سطوح شوری بالای طول ریشه معنی‌دار بوده است که توسط تجزیه و تحلیل همبستگی بین پارامترهای مختلف مقاومت به استرس شوری بالای جوانه‌زنی، طول ساقه و ریشه نشان داده شده است. نتایج تحقیقی که در پوهنخی زراعت پوهنتون کابل صورت گرفت هم تصدیق می‌کند که شرایط شوری چه در خاک چه در آب می‌تواند طول ریشه را کاهش دهد و در رشد جانبی آن تأثیر بگذارد (Alom et al., 2016). علی و همکارانش (۲۰۱۹) هم چنین در مصر دریافته اند که طول

ساقه و ریشه در آب شور از ۱۹٫۷ تا ۶۲٫۹۳ درصد نسبت به نارمل کاهش داشته است (Ali et al., 2019).

وزن تازه

افزایش در حجم جسمی نبات وابسته به شرایط نارمل رشد می‌باشد. میزان بلند سودیم در نبات جاگزین عنصر پتاشیم شده و باعث اختلال در استرس نارمل آسموسس حجرات می‌شود (Singh et al., 2015). این استرس باعث تأثیر منفی بالای جذب کاربن و تعاملات فوتوسنتز و کاهش رشد می‌شود. در این تحقیق اوسط وزن تازه پنج نبات کامل از هر غلظت و وراثتی محاسبه گردیده است. جدول شماره ۹ و شکل‌های ۸ و ۹ نشان می‌دهد که سطح غلظت نمک به طور قابل ملاحظه بالای رشد جسمی تمام وراثتی‌ها تأثیر معنی‌دار ($P < 0.05$) گذاشته است. وراثتی‌های دهدادی، للمی و وافر مقاوم‌ترین و افغان و میلاد حساس‌ترین انواع می‌باشد. ارقام به دست آمده از وراثتی‌های گندم در حدود ۳۰ روز تحت تأثیر شور نشان می‌دهد که حاصلات شدیداً کاهش پیدا می‌کند؛ زیرا وزن گندم‌های مورد مطالعه تحت دو سطح استرس نسبت به کنترل تفاوت بلند را نشان دادند. این نتیجه نشان می‌دهد که غلظت ۱۰۰ میلی مول NaCl تأثیر کمتر را وارد می‌کند که در شرایط افغانسان می‌تواند مطابقت کند. هم چنین غلظت‌های بلند NaCl در خاک باعث کاهش وزن تازهی نبات شده اند. شوری از جذب آب جلوگیری کرده و جوانه زنی تخم‌ها را به تاخیر می‌اندازد که در نتیجه متابولیزم نبات تغییر یافته و وزن تازه کاهش پیدا می‌کند. فعالیت فیزیولوژیکی گندم به شرایط شوری حساس هستند؛ محصولات و افزایش عمل کرد آنها تحت شوری بلند به شدت آسیب پذیر می‌شود (Kanwal et al., 2011).

نتایج این تحقیق در مقایسه با یافته‌های دیگر محققان هم‌خوانی دارد. یاسین و همکارانش (۲۰۱۹) در مصر دریافته اند که سطوح مختلف شوری باعث کاهش طول ریشه و ساقه در شرایط شوری ۱۲۵ میلی مول به طور قابل ملاحظه بالای پارامترهای جوانه‌زنی و رشد در گندم تأثیر گذاشته است (Yassin et al., 2019). به همین ترتیب علی و همکارانش (۲۰۱۹) دریافته اند که در مرحله‌ی جوانه‌زنی و رشد اولیه گندم در دوره اول مواجه با شوری تأثیر شدیدتری نسبت به دوره دوم داشته است. وزن خشک اندام هوایی نیز در دوره اول در مقایسه با دوره دوم بیشتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت، کاهش بیشتر (۴۲٫۸۰ درصد) در جینوتایپ‌های حساس نسبت به جینوتایپ‌های مقاوم (۲۲٫۲٪) مشاهده شدند (Ali et al., 2019).

نتیجه‌گیری

آب‌های شور یکی از بزرگ‌ترین چالش در مقابل تولید حاصلات در زراعت می‌باشد و بیشترین فیصدی آب‌های جهان را تشکیل می‌دهد. در افغانستان مطالعات بالای مقاومت در مقابل آب و خاک‌های شور تا هنوز انجام نشده است. مرحله‌ی انکشاف جوانه اولین واکنش گندم در مقابل نمک بوده که اگر تأثیر مخرب وارد شود، می‌تواند تا به مراحل بعدی رشد و انکشاف ادامه داشته باشد. آزمایش رشد جوانه‌ها و مراحل رشد جسمی قد نبات، طول ریشه و وزن تازه در معرض شوری می‌تواند بهترین نشان‌گر برای مقاومت گندم در مقابل شوری باشد. ده وراثتی گندم شامل دهدادی ۱۳، بختاور ۱۳، زرین ۱۳، میلاد ۱۳، کابل ۱۳، وحدت ۱۵، افغان ۱۵، وافر ۱۵، بهار ۱۵ و للمی ۱۵، آزمایش آن‌ها در شرایط آب‌وهوای کابل که شامل مناطق مرکزی، شمال و شمال غرب افغانستان می‌شود، صورت گرفته است و منحصراً کلتیوار استفاده می‌شود و حاصلات مطلوب را دارد. به جواب سوال اصلی و فرعی این تحقیق گفته می‌توانیم که این کلتیوارها دارای جینوتایپ‌های متفاوت از همدیگر بوده که باعث اختلاف در توانایی مقاومت آن‌ها در مقابل استرس شوری می‌شود که در شکل و تحلیل ارقام به خوبی نشان داده شده است و به همین ترتیب به اساس هدف اصلی این تحقیق که پیدا کردن وراثتی مقاوم و درجه مقاومت می‌شود. از این جمله وراثتی گندم وحدت ۱۵ و وافر ۱۵ که اخیراً به دهقانان افغانستان معرفی شده است، نسبتاً مقاومت بلند را نشان داده اند. وراثتی للمی ۱۵ در شرایط شوری متوسط (۱۰۰ ملی مول) می‌تواند یک گزینه خوب برای مناطق شوره‌زار باشد که بیشترین مقاومت را نشان می‌دهد. وراثتی‌های افغان و للمی پایین‌ترین مقاومت در مقابل شوری را نشان می‌دهد. شاخص قد نبات در وراثتی للمی ۱۵، وافر ۱۵ و دهدادی ۱۳ در سطح غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ ملی مول نسبت به کنترل مقاومت نسبی را نشان داده اند؛ اما میلاد ۱۳ و افغان ۱۵ حساس‌ترین انواع شناسایی شدند.

افزایش رشد در ریشه‌ی سه وراثتی للمی ۱۵، وافر ۱۵ و بختاور ۱۳ کمترین تفاوت طول ریشه را در غلظت‌های شوری نسبت به کنترل نشان می‌دهد؛ وراثتی‌های میلاد-۱۳، افغان ۱۵ و زرین ۱۳ با داشتن تفاوت بلند مقاومت در غلظت شوری نسبت به کنترل حساس‌ترین وراثتی‌ها است. وزن تازه وراثتی دهدادی ۱۳، للمی ۱۵ و وافر ۱۵ مقاوم‌ترین و افغان و میلاد حساس‌ترین انواع شناسایی گردید.

در نتیجه نهایی وراثتی‌های وافر ۱۵ به درجه‌ی اول، للمی ۱۵ به درجه‌ی دوم و دهدادی ۱۳ به درجه‌ی سوم مقاومت در مقابل شوری را نشان می‌دهد. وراثتی‌های افغان-۱۵ و میلاد ۱۳ حساس‌ترین جینوتایپ را دارا می‌باشند.

با توجه به نتایج این تحقیق که نشان داد وراثتی‌های وافر ۱۵، للمی ۱۵ و دهدادی ۱۳ نسبت به سایر وراثتی‌ها مقاومت بهتری در برابر سطوح مختلف شوری از خود نشان داده‌اند، به دهقانان مناطق دارای خاک و آب شور پیشنهاد می‌شود که در صورت موجودیت شرایط مشابه اقلیمی با کابل، استفاده آزمایشی این وراثتی‌ها را در سطح کوچک مزرعه آغاز نمایند و قبل از کشت وسیع، ارزیابی محلی انجام دهند. همچنان توصیه می‌شود مدیریت شوری از طریق بهبود زه‌کشی خاک، استفاده از آب با شوری کمتر در مراحل ابتدایی رشد، مصرف متوازن کودهای منرالی و افزودن مواد عضوی برای بهبود ساختمان خاک در نظر گرفته شود؛ زیرا مقاومت جنتیکی به تنهایی نمی‌تواند اثرات شوری را کاملاً خنثی سازد. برای محققان آینده پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر شاخص‌های مورفولوژیکی؛ مانند قد نبات، طول ریشه و وزن تازه، روی شاخص‌های فزیولوژیکی و بیوکیمیای مانند محتوای کلروفیل، پرولین، فعالیت آنزیم‌های انتی‌اکسیدان، تجمع سدیم و پتاشیم در بافت‌ها و شاخص تحمل شوری تمرکز نمایند تا مکانیزم‌های دقیق مقاومت شناسایی گردد. همچنان انجام مطالعات جنتیکی و مارکرهای مولیکولی جهت شناسایی ژن‌های مرتبط با تحمل شوری می‌تواند در برنامه‌های اصلاح نباتات برای تولید وراثتی‌های مقاوم‌تر مفید واقع شود.

از جمله محدودیت‌های مهم این تحقیق آن است که آزمایش در شرایط گلدان انجام شده و به دلیل محدود بودن حجم خاک و فضای رشد ریشه، نتایج به دست آمده نمی‌تواند به صورت کامل به شرایط مزرعه‌یی تعمیم داده شود؛ زیرا در مزرعه توسعه ریشه عمیق‌تر بوده و تعاملات پیچیده‌تری بین خاک، آب و نبات وجود دارد. همچنان توزیع نمک در گلدان یک‌نواخت‌تر از مزرعه بوده و شرایط طبیعی؛ مانند بارندگی، تغییرات حرارت و تنوع خاک در نظر گرفته نشده است. بنابراین، ضروری است که این نتایج در شرایط واقعی مزرعه و در چندین منطقه با درجات مختلف شوری و در چند فصل زراعتی تکرار گردد تا پایداری عملکرد وراثتی‌های معرفی شده تأیید شود. علاوه بر آن، بررسی عملکرد نهایی دانه، شاخص برداشت و کیفیت نان‌آوری در شرایط شوری می‌تواند تصویر جامع‌تری از ارزش عملی این وراثتی‌ها در سطح ملی ارائه نماید.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی صمیمانه خویش را از آمریت محترم دیپارتمنت بایوتکنالوژی و پوهنخی زراعت ابراز می‌داریم که با فراهم سازی تسهیلات علمی، لابراتواری و اداری، زمینه مناسب را برای انجام این تحقیق فراهم نمودند. حمایت‌های همه‌جانبه، رهنمودهای علمی ارزنده و همکاری‌های دوامدار ایشان نقش اساسی در پیشبرد منظم مراحل مختلف این پژوهش داشته است.

سهم نویسندگان در تحقیق

در انجام این تحقیق، سیدقدیر دانشیار به‌عنوان نفر اول مسئولیت اصلی طرح، اجرا و پیشبرد تمامی مراحل تحقیق را بر عهده داشته است. محمد مدثر توفیق در بخش‌های تخریکی، شامل جمع‌آوری داده‌ها و همکاری‌های لابراتواری، سهم فعال و مؤثر داشته است. همچنان فرید احمد شیرزی در نگارش علمی مقاله، ویرایش، بازبینی و تصحیح نهایی متن نقش مهم و ارزنده ایفا نموده است.

تضاد منافع

در این قسمت تصدیق گردد که هیچ‌گونه تضاد منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

- Ahmad, M., Munir, M., Shahzad, A., Shahid Masood, M., & Iqbal, M. (2011). Evaluation of bread wheat genotypes for salinity tolerance under saline field conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4086–4092. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2455>.
- Akhtar, S. S., Andersen, M. N., & Liu, F. (2015). Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*, 158, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.04.010>.
- Ali, M., Asaad, A., Eltony, A., Abdelaziz, G., Kamal, M., Ahmed, M., & Elsayed, M. A. (2019). *Evaluation capability of wheat (Triticum aestivum L.) genotypes under salinity (NaCl) stress as a systematic tolerance assessment at seed germination and early growth stage under laboratory conditions*. 1(2), 65–77. [Link](#)
- Alom, R., Hasan, M. A., Islam, M. R., & Wang, Q. F. (2016). Germination characters and early seedling growth of wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes under salt stress conditions. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 19(5), 383–392. <https://doi.org/10.1007/s12892-016-0052-1>.
- AYED, S., RASSAA, N., CHAMEKH, Z., BEJI, S., KAROUI, F., BOUZAIEN, T., MRABIT, M., & BEN, Y. M. (2014). Effect of salt stress (sodium chloride) on germination and seedling growth of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) genotypes. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 6(4), 320–325. <https://doi.org/10.5897/ijbc2013.0668>.
- Díaz De León, J., Escoppinichi, R., Zavala-Fonseca, R., Castellanos, T., Röder, M. S., & Mujeeb-Kazi, A. (2010). Phenotypic and genotypic characterization of salt-tolerant wheat genotypes. *Cereal Research Communications*, 38(1), 15–22. <https://doi.org/10.1556/CRC.38.2010.1.2>.
- Eskandari, H., & Kazemi, K. (2011). Germination and Seedling Properties of Different Wheat Cultivars under Salinity Conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(3), 130–134. <https://doi.org/10.15835/nsb336118>.
- Favre, R., Consultant, W., & Kamal, G. M. (2004). *Supported By Sdc Watershed Atlas Of Afghanistan. January*. [Link](#)
- Hasan, A., Hafiz, H. R., Siddiqui, N., Khatun, M., Islam, R., & Mamun, A. Al. (2015). Evaluation of wheat genotypes for salt tolerance based on some physiological traits. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18(5), 333–340. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0064-2>.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Rahman, A., Anee, T. I., Alam, M. U., Bhuiyan, T. F., Oku, H., & Fujita, M. (2017). Approaches to Enhance Salt Stress Tolerance in Wheat. *Wheat Improvement, Management and Utilization, September*. <https://doi.org/10.5772/67247>.

- Hu, M., Shi, Z., Zhang, Z., Zhang, Y., & Li, H. (2012). Effects of exogenous glucose on seed germination and antioxidant capacity in wheat seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 68(2), 177–188. <https://doi.org/10.1007/s10725>
- Hussain, N., Ghaffar, A., Zafar, Z. U., Javed, M., Shah, K. H., Noreen, S., Manzoor, H., Iqbal, M., Hassan, I. F. Z., Bano, H., Gul, H. S., Aamir, M., Khalid, A., Sohail, Y., Ashraf, M., & Athar, H. Ur R. (2021). Identification of novel source of salt tolerance in local bread wheat germplasm using morpho-physiological and biochemical attributes. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90280-w>.
- Khan, A., Ahmad, M. S. A., Athar, H. U. R., & Ashraf, M. (2006). Interactive effect of foliarly applied ascorbic acid and salt stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) at the seedling stage. *Pakistan Journal of Botany*, 38(5 Special Issue), 1407–1414. [Link](#)
- Moustafa, E. S. A., Ali, M. M. A., Kamara, M. M., Awad, M. F., Hassanin, A. A., & Mansour, E. (2021). Field screening of wheat advanced lines for salinity tolerance. *Agronomy*, 11(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020281>.
- Ouhaddach, M., ElYacoubi, H., Douaik, A., & Rochdi, A. (2018). Morpho-Physiological and Biochemical Responses to Salt Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) at the Heading Stage. *Environ. Sci*, 7(9), 3084–3099. <https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.6.209>.
- Rahaie, M., Xue, G. P., Naghavi, M. R., Alizadeh, H., & Schenk, P. M. (2010). A MYB gene from wheat (*Triticum aestivum* L.) is up-regulated during salt and drought stresses and differentially regulated between salt-tolerant and sensitive genotypes. *Plant Cell Reports*, 29(8), 835–844. <https://doi.org/10.1007/s00299-0-y.010-0868-y>.
- Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., & Tavakoli, A. (2010). Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. *International Journal of Biological and Life Sciences*, 6, 216–221. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1078158>
- Rehana, S., Krishna Reddy, P., Sai Bhaskar Reddy, N., Daud, A. R., Saboory, S., Khaksari, S., Tomer, S. K., & Sowjanya, U. (2022). *Observed Spatio Temporal Trends of Precipitation and Temperature Over Afghanistan*. August, 263–278. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05057-2_23.
- Shamaya, N. J., Shavrukov, Y., Langridge, P., Roy, S. J., & Tester, M. (2017). Genetics of Na⁺ exclusion and salinity tolerance in Afghani durum wheat landraces. *BMC Plant Biology*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1164->
- Singh, D., Ram, P. C., Singh, A., Singh, Y. P., Sharma, P. C., & Srivastava, S. (2015). Alleviating adverse effect of soil salinity on biomass production and physiological changes in wheat (*Triticum aestivum* L.) through application of zinc fertilizer. *Research in Environmental and Life Sciences*, 8(2), 251–254. [Link](#)

- Soofizada, Q., Pescatore, A., Orlandini, S., & Napoli, M. (2023). Effects of Pedoclimatic and Agronomical Management on Yield and Quality of Common Wheat Varieties (*Triticum aestivum* L.) in Afghanistan. *Agronomy*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy13082152>.
- Yassin, M., El Sabagh, A., Mekawy, A. M. M., Islam, M. S., Hossain, A., Barutcular, C., Alharby, H., Bamagoos, A., Liu, L., Ueda, A., & Saneoka, H. (2019). Comparative performance of two bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) genotypes under salinity stress. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 5029–https://doi.org/10.15666/aeer/1702_50295041.
- Zafar, S., Ashraf, M. Y., Niaz, M., Kausar, A., & Hussain, J. (2015). *Evaluation of wheat genotypes for salinity tolerance using physiological indices as screening tool*. *Pakistan Journal of Botany*, 47(2), 397–405. [Lnk](#)
- Zafar, S., Hasnain, Z., Perveen, S., Iqbal, N., & Amir Zafar, M. (2021). Deciphering Physio-Biochemical Characteristics Of Znso4 Primed Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Plants Grown Under Salt Stress. *Pakistan Journal of Botany*, 53(6), 1943–1952. <https://doi.org/10.30848/PJB2021>.