دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

فیزیولوژی تنش شوری در گندم

عادل مدحج
گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر ، ایران

مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی:adel.modhej@yahoo.com
(تاریخ دریافت :۱۶ آبان ماه ۱۴۰۰ ، تاریخ پذیرش: ۲۰ آذرماه ۱۴۰۰)

چکیده

تنش شوری یکی از تنش‌های مهم اثرگذار بر جوانه‌زنی، رشد، تولید و ویژگی‌های کیفی گندم به شمار می‌رود. محققان تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان نموده‌اند به نحوی که موجب اختلال در رشد طبیعی گیاه شود. تنش شوری از طریق کاهش فشار آماس سلول، ممانعت از انجام وظایف غشاءها، اثر بر فعالیت آنزیم‌ها، ممانعت از فتوسنتز و القای کمبود یون در اثر کاهش انتقال یون‌ها و دیگر فرآیندهای فیزیولوژیکی موجب کاهش رشد، شاخص سطح برگ، زیست توده و عملکرد دانه در گندم می‌شود. ارقام گندم واکنش‌های متفاوت به شوری خاک و آب نشان می‌دهند و میزان تحمل ارقام گندم به شوری با برخی ویژگی‌های فزیولوژیکی مرتبط است. افزایش تحمل به شوری در ارقام گندم نان با کاهش غلظت سدیم در گیاه و همچنین کاهش نسبت عنصر سدیم به پتاسیم در برگ‌ها مرتبط است. جداسازی سدیم در برگ‌ها و ترجیحا" پتاسیم، به وجود ژنوم D در گندم‌های هگزاپلوئید مربوط می‌شود. بطورکلی، آگاهی از واکنش‌های فیزیولوژیکی به ویژه در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری یاری‌گر اصلاح گران نبات برای تولید ژنوتیپ‌های متحمل به شوری است. این تحقیق به مطالعه اثر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رشد و نمو گندم پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌ها، تحمل به تنش، تنش یونی، شوری

مقدمه

شوری عبارت است از تجمع املاح محلول نمک در عمق شخم و یا حوالی ریشه گیاه در حدی که به رشد گیاه آسیب رسانده و در شرایط تنش شدید باعث مرگ گیاه شود. خاک‌های شور عمدتا" خاص مناطق خشک (با میانگین بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر) و نیمه خشک (با میانگین بارندگی سالیانه ۵۰۰-۲۵۰) هستند. در این مناطق میزان بارندگی سالیانه کمتر از تبخیر و تعرق است (۲). بنا به برخی گزارش‌ها سالیانه حدود ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی تحت آبیاری کرۀ زمین رو به شوری می‌روند. گزارش شده است که در حدود ۲۰ درصد از خاک‌های کره زمین تحت اثر شوری قرار داشته و فعالیت‌های مخرب انسان و همچنین تغییر اقلیم، هر ساله به این میزان می‌افزاید (۱۱). بر اساس آمارهای موجود در حدود ۲۵ میلیون هکتار از ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کل کشور ایران را خاک‌های شور تشکیل می‌دهند. به طور کلی، در کشور ما به جز نوار باریک شمال کشور که میزان بارندگی سالیانه زیاد و خاک‌ها از نظر مواد آلی غنی هستند، در بقیۀ اراضی کشور استعداد شور شدن وجود دارد. در بسیاری از مناطق کشور به ویژه مناطق مرکزی، جنوبی و جنوب شرقی استفاده از آبهای شور در آبیاری امر رایجی بوده و هر ساله به شوری خاک‌های این مناطق افزوده می‌شود. خاک‌های شور از نظر منشا شوری به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- *خاک‌هایی که به طور طبیعی شور هستند یا شوری ژنتیکی*
- *خاک‌هایی که در اثر مدیریت ناصحیح زراعی و یا عوامل محیطی شور شده‌اند* (۲).

صرف‌نظر از مبدأ شوری از نظر ژنتیکی، مدیریتی و یا عوامل محیطی؛ عوامل شوری خاک به طور کلی عبارتند از:

- *شور بودن مواد مادری تشکیل دهندۀ خاک*
- *انتقال املاح محلول از اراضی مرتفع به مناطق پایین دست به کمک آب*
- *استفاده از آب‌های شور در آبیاری*
- *تبخیر شدید رطوبت خاک و انتقال و تجمع املاح محلول در قسمت‌های سطحی خاک و عدم کفایت بارندگی در شستشوی این املاح*
- *بالا آمدن سطح آب‌های زیر زمینی و انتقال املاح همراه با آب*
- *انتقال نمک‌های موجود در آب دریا به کمک بادهایی که از دریا به سمت ساحل می‌رسند.*
- *انتقال نمک خاک های شور مناطق مجاور به کمک باد*
- *انتقال املاح افق های زیرین خاک به سطح خاک از طریق جذب ریشه گیاه و انتقال به اندام‌های هوایی*

سهم اصلی در شور شدن خاک‌های زراعی بر عهدۀ نمک‌های محلولی است که عمدتا" شامل کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و آنیون‌های کلر، سولفات و بی‌کربنات است. نمک‌های اصلی محلول در خاک اشباع عبارتند از: کلرید سدیم ($NaCl$)، کلرید کلسیم ($CaCl_2$)، سولفات منیزیم ($MgSO_4$)، کلرید منیزیم ($MgCl_2$)، کربنات سدیم (Na_2CO_3)، سولفات کلسیم ($CaSO_4$) و سولفات سدیم (Na_2SO_4).

معیارهای سنجش شوری

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و یا آب آبیاری نشان‌دهندۀ غلظت املاح است هرچه هدایت الکتریکی محلول بیشتر باشد، شوری خاک و یا آب بیشتر است. واحدهای استاندارد اندازه‌گیری شوری شامل میلی موس بر سانتیمتر و دسی‌زیمنس بر متر هستند. جدول ۱ کلاس‌های مختلف شوری خاک را ارائه می‌دهد.

جدول ۱-کلاس‌های مختلف شوری خاک (۲)

کلاس	وضعیت خاک	میزان هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتیمتر)
۰	غیر شور	۲-۰
۱	شوری بسیار کم	۴-۲
۲	شوری کم	۸-۴
۳	شوری متوسط	۱۶-۸
۴	شوری زیاد	بیشتر از ۱۶

بیلان نمک

بیلان نمک عبارت است از مجموع مقدار نمکی که در پایان دورهٔ خشکی در خاک تجمع می‌یابد تقسیم بر مجموع نمکی که در پایان دوره مرطوب از خاک خارج می‌شود. بیلان نمک با ضریب K نشان داده می‌شود.
چنانکه میزان K برابر یک باشد به این معنی است که خاک از نظر شوری در تعادل بوده است و میزان ورود و خروج املاح از خاک مورد نظر برابر است. بیلان‌های بالاتر و پایین‌تر از یک به ترتیب نشان‌دهندهٔ تجمع و شستشوی نمک خاک است.
سه مرحله از لحاظ بیلان نمک در مناطق مختلف وجود دارد:
مرحله تجمع نمک؛ در مناطقی با اقلیم زمستان معتدل و تابستان گرم و خشک نظیر خوزستان، تجمع نمک از اواسط بهار تا ابتدای پاییز صورت می‌گیرد. عدم بارندگی و تبخیر شدید از سطح خاک باعث حرکت موئینگی نمک به سطح خاک می‌شود.
مرحله رقیق شدن؛ هوای خشک و بارندگی ناچیز در فصل پاییز مناطق خشک و نیمه خشک باعث آغاز رقیق شدن نمک در خاک می‌شود..
مرحله شستشوی نمک؛ شستشوی نمک در فصل زمستان به دلیل بارندگی‌های سنگین و متعدد افزایش می‌یابد.

اثر شوری بر گیاهان

تجمع نمک بیشتر در لایه بالایی خاک، محیطی بسیار استرس زا برای رشد گیاه ایجاد می کند که در نهایت باعث کاهش عملکرد یا مرگ گیاه می شود (۵). تنش شوری ۲۰ درصد از اراضی قابل کشت گیاهان زراعی را تحت اثر قرار داده و هر ساله به اراضی شور افزوده می‌شود (۵). اثر زیان بار شوری بر گیاهان زراعی از سه طریق عمده صورت می‌گیرد. اثر شوری شامل خشکی فیزیولوژیکی، مسمومیت و اختلال در جذب عناصر ضروری هستند (۲۴).

خشکی فیزیولوژیکی[1]

افزایش املاح خاک باعث افزایش پتانسیل اسمزی و در نتیجه کاهش پتانسیل آب خاک به دلیل ماهیت منفی پتانسیل اسمزی می‌شود. کاهش پتانسیل آب به معنی کاهش آب آزاد خاک و کاهش توان گیاه در جذب آب موجود در خاک است. در این شرایط ممکن است با وجود رطوبت کافی در خاک گیاه قادر به جذب آب نبوده و علائم تنش خشکی را نشان دهد.

[1] Physiological drought

مسمومیت گیاه[۲]

مسمومیت گیاه یکی دیگر از اثر شوری است که به دلیل غلظت بالای یون‌های نمک در سلول‌های گیاهی حاصل می‌شود. افزایش برخی از یون‌ها نظیر سدیم، کلر و کلسیم در سیتوسول سلول، اختلال در فعالیت آنزیم‌ها را به همراه دارد (۲۴). سازوکار عمل یون‌ها در کاهش فعالیت آنزیم‌ها یکسان نیست. بعضی یون‌ها از سنتز آنزیم‌ها جلوگیری می‌کنند. درحالی که برخی دیگر از یون‌ها شکل آنزیم‌ها را تغییر داده و یا میل ترکیبی آنها را با یک پیش مادۀ خاص کاهش می‌دهد.

اختلال در جذب عناصر ضروری

گیاه عمدتا" با یک نظم خاص و یک نسبت معین عناصر غذایی را جذب می‌کنند. چنانکه در این نسبت‌ها اختلالی ایجاد شده و جذب این عناصر افزایش و یا کاهش یابد، گیاه دچار کمبود عناصر غذایی[۳]می‌شود (۴۲). غلظت بالای عناصر سدیم و کلر در خاک‌های شور بر جذب برخی عناصر نظیر پتاسیم و کلسیم مؤثر بوده و باعث کاهش جذب این عناصر می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند، تداوم حضور یون‌های سدیم و کلر در خاک باعث ایجاد علائم کمبود یون کلسیم در گیاه می‌شود. وجود کلسیم بالا در خاک از اثر زیانبار کمبود این عنصر می‌کاهد.

اثر فیزیولوژیکی شوری بر گیاهان

اثر فیزیولوژیکی تنش شوری بر گیاهان عبارتند از:

- کاهش فشار آماس سلول
- ممانعت از انجام وظایف غشاءها
- اثر بر فعالیت آنزیم‌ها
- ممانعت از فتوسنتز
- القای کمبود یون در اثر کاهش انتقال یون‌ها
- ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو

اثر تنش شوری بر فتوسنتز

تجمع سدیم و کلر باعث کاهش میزان فتوسنتز در کلروپلاست و کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود (۲۴). ژئو و همکاران (۲۰) گزارش دادند تنش شوری باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب دی‌اکسید کربن و تعرق از سطح برگ می‌شود. همچنین در تحقیق دیگر، شوری باعث کاهش معنی‌دار رنگدانه‌های فتوسنتزی در کلروپلاست شده کا کاهش کارایی فتوسنتزی و تولید را به همراه داشته است (۶).

آسیب‌های اکسیداتیو

روزنه‌های برگ در شرایط تنش شوری بسته شده و میزان تبادلات روزنه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. این واکنش باعث ممانعت از تثبیت $Co2$ شده و کلروپلاست را جهت تولید مقادیر زیاد انرژی تحریک

[2] Plant toxicity
[3] Nutrient deficiency

می‌کند. در نهایت این فرآیند منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۲۶). گونه‌های فعال اکسیژن به مولکول‌های اصلی نظیر لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک آسیب می‌رسانند (۳۳) که در نتیجه باعث مسمومیت گیاه می‌شود. گزارش شده است ارقام حساس گندم در شوری ۵/۴ تا ۱۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر از مقادیر بیشتر H_2O_2 در مقایسه با ارقام متحمل برخوردار بوده‌اند (۲۵). همچنین در تحقیق دیگر، نتایج نشان داد که شوری حدود ۱۰۰ میلی‌مول از کلرید سدیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت مالون‌دی‌آلدئید در گیاهچه گندم شده است که بر تخریب دیواره‌های سلولی دلالت دارد (۲۵).

سازوکارهای فیزیولوژیکی تحمل به شوری در گندم

گندم به منظور افزایش تحمل به تنش شوری تغییراتی را در سطح سلولی و مولکولی ایجاد می‌کند. سازکارهای تحمل به شوری گندم پیچیده بوده و تغییرات همزمان در تبادل روزنه‌ای، توازن هورمونی، سازوکار دفاعی آنتی اکسیدانت‌ها، تعادل اسمزی و یونی را شامل می‌شود.

تنظیم اسمزی یکی از مهمترین سازوکارهای گندم برای کاهش اثر شوری است (۲۳ و ۱۶). گیاه برخی ترکیبات آلی شامل قندها و اسیدهای آمینه را ذخیره نموده و از این طریق پتانسیل اسمزی را کاهش می‌دهد (۱۷). این سازوکار در واقع واکنش دفاعی گیاه به گونه‌های فعال اکسیژن در راستای تنظیم آب است (۹ و ۳۴).

تنظیم یونی یک سازوکار کلیدی تحمل به شوری است که از طریق کاهش غلظت سدیم و افزایش پتاسیم انجام می‌شود (۲۲ و ۱۶). برای ایجاد تعادل بین سدیم و پتاسیم در سیتوزول، گیاه سدیم اضافه را از طریق انتقال فعال اولیه و ثانویه دفع نموده و آن را در پلاسما و دیواره تونوپلاست ذخیره می‌نماید (۳۰). از سوی دیگر، گندم سدیم را در واکوئل ریشه از طریق مسیر تونوپلاست ذخیره می‌کند تا از ارسال آن به ساقه کاسته شود (۳۲). افزایش جذب پتاسیم و ممانعت از ورود سدیم از دیگر سازوکارهای مهم تحمل به شوری است. این سازوکار منجر به تعادل نسبت سدیم به پتاسیم در سیتوزول و افزایش تحمل گیاه به شوری می‌شود (۴۰).

تولید گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال آزاد در شرایط شوری که از بسته شدن روزنه‌ها و ممانعت از ورود دی‌اکسیدکربن ناشی می‌شود به مولکول‌های اصلی برگ آسیب جدی وارد می‌کند. توسعه سازوکار آنتی‌اکسیدانتی از مهمتریم واکنش‌های گیاه به کاهش اثر مخرب این ترکیبات است. سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز مهمترین آنتی‌اکسیدانتهای موثر در کاهش اثر شوری هستند. در یک تحقیق رابطه بین این آنتی‌اکسیدانتها و تحمل به شوری رابطه مثبت و معنی‌دار گزارش شده است (۳۹). همچنین گزارش شده است که پراکسیداز و کاتالاز باعث کاهش اثر H_2O_2 در فضای بین سلولی می‌شود (۱۳ و ۴۱).

تعادل هورمونی یکی دیگر از سازوکارهای تحمل به شوری در گندم هستند. اکسین، جیبرلین، سایتوکنین، اتلین و آبسیزیک اسید از هورمون‌های موثر در تحمل شوری به شمار می‌روند. اکسین از طریق بهبود درصد و میزان جوانه‌زنی، افزایش زیست توده و تعادل یونی در کاهش اثر تنش شوری نقش دارد (۲۷). جیبرلین از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقاومت رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه تولیدات فتوسنتزی باعث افزایش تحمل گندم به شوری می‌گردد (۳۶). سیتوکنین از طریق افزایش تعداد پنجه‌ها، رشد و جوانه‌زنی، عملکرد گندم را در شرایط شوری بهبود می‌بخشد (۲۸). پرایمینگ بذر با آبسیزیک اسید باعث کاهش جذب سدیم از خاک و افزایش غلظت کلروفیل برگ می‌شود (۲۱).

اثر شوری بر نمو و رشد گندم

شوری خاک به میزان ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر مربع موجب کاهش درصد استقرار گیاهچه‌های گندم در واحد سطح می شود. در شوری ۸/۸ دسی‌زیمنس بر متر سبز شدن گیاهچه‌های گندم تا حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۴). شوری خاک موجب تشدید رشد مریستم انتهایی و افزایش فیلوکرون و در نهایت کاهش تعداد برگ‌ها در ساقه اصلی می‌شود (۱۸). افزایش شوری همچنین کاهش تعداد سنبلک در سنبلهٔ ساقهٔ اصلی (۱۵) و تسریع رسیدگی را به دنبال دارد. شوری موجب کاهش تعداد پنجه‌های اولیه و ثانویه می‌شود. میزان شوری در حدود ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر تولید پنجه‌های ثانویه را متوقف و تعداد پنجه‌های اولیه را کاهش می‌دهد.

در میان اندام‌های گیاه، معمولا" ریشه‌ها کمتر تحت اثر میزان شوری خاک قرار می‌گیرند. سرعت مراحل رشد فنولوژیکی گندم در اثر شوری خاک افزایش می‌یابد. سرعت نمو سنبلک در اثر شوری افزایش یافته که این واکنش کاهش زمان آغازش سنبلک‌ها، سیکل زندگی گیاه و تعداد ساقه‌های بارور را به دنبال دارد (۱۹). اثر مسمومیت ناشی از شوری زیاد معمولا" پس از مرحلهٔ گرده‌افشانی ظاهر می‌شود. پیری زودرس، کاهش وزن دانه و همچنین عقیمی سنبلک‌ها از علائم مسمومیت در اثر شوری هستند (۱۹). افزایش شوری خاک بیش از ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر ممکن است عملکرد دانهٔ گندم را ۵۰ درصد کاهش دهد. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد، ارقام گندم دوروم نسبت به ارقام گندم نان حساسیت بیشتری به شوری دارند. آستانه کاهش عملکرد در ارقام دوروم ۵/۹ و در ارقام نان ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر است. بنابراین عملکرد ارقام گندم دوروم در مقادیر شوری بالاتری نسبت به ارقام گندم کاهش می‌یابد (۴). ارقام دوروم همچنین تنوع ژنتیکی کمتری از لحاظ عملکرد بیولوژیکی و دانه در شرایط تنش در خاک شور نسبت به ارقام گندم نان دارند (۴).

نتایج نشان می‌دهند، افزایش تحمل به شوری در ارقام گندم نان با کاهش غلظت سدیم در گیاه و همچنین کاهش نسبت عنصر سدیم به پتاسیم در برگ‌ها مرتبط است (جدول ۲). مدحج و کربلایی (۳) گزارش دادند بین پارامتر نسبت سدیم به پتاسیم و سایر ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری ارتباط منفی وجود دارد (جدول ۳). جداسازی سدیم در برگ‌ها (۳۸) و ترجیحا" پتاسیم (۳۵)، به وجود ژنوم D در گندم‌های هگزاپلوئید مربوط می‌شود. این ژنوم از طریق یک گراس دیپلوئید به نام *Aegilops tauschii* به گندم‌های هگزاپلوئید داده شده است. گزارش شده است که تخریب غشاهای سلولی و کاهش فعالیت برخی آنزیم‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری موجب کاهش جوانه‌زنی بذر ارقام گندم شده و ارقامی که از فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت برخوردار هستند، تحمل بالاتری به شوری دارند (۱۲).

عملکرد گندم در شرایط تنش شوری به میزان تحمل گیاه به تنش و فنولوژی هر ژنوتیپ بستگی دارد (۸). برخی پژوهشگران بر این عقیده‌اند که انتخاب ارقام بر اساس پتانسیل بالای تولید می‌تواند یک راهکار مناسب برای افزایش عملکرد گندم در شرایط تنش شوری باشد. برخی نتایج نشان می‌دهند که ارقام گندم بهاره از عملکرد بالاتری در شرایط تنش شوری برخوردار بوده به تنش شوری تحمل بیشتری دارند (۴). آسودو و همکاران (۴) همبستگی میزان تحمل به تنش شوری در ارقام گندم را با میزان سدیم در برگ پرچم منفی و معنی دار ارزیابی کردند.
اشرف و اولیری (۷) و همچنین چیپا و لال (۱۰) نتیجه گرفتند که رابطه منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم در شرایط تنش شوری و نسبت سدیم به پتاسیم وجود دارد. در بسیاری از پژوهش‌ها نیز میزان سدیم کمتری در برگ ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس به شرایط تنش شوری یافت شده است (۴).

کاترچی و همکاران (۲۹) با بررسی اثر تنش شوری در سطوح مختلف بر عملکرد دانه، وزن دانه و درصد پروتئین دانه در دو ژنوتیپ گندم نتیجه گرفتند، تنش شوری کاهش عملکرد دانه را در هر دو ژنوتیپ به همراه داشت، شوری بر کیفیت دانه یک ژنوتیپ بی‌اثر و باعث افزایش ناچیز کیفیت دانه در ژنوتیپ دیگر شد (جدول ۴).

جدول۲-غلظت املاح ایجاد کنندهٔ شوری در برگ پرچم ارقام مختلف گندم (۴)

ارقام گندم	میزان یون (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
	K/Na	Na	K
Synthetic	۶۷/۷	۹۹۹/۰	۲۸۴۹۷/۸
گندم نان	۴۳/۲	۴۸۲/۰	۲۰۸۶۰/۰
گندم دوروم	۳/۸	۵۸۰۳/۷	۱۸۵۳۴/۸
ارقام متحمل به شوری	۷۴/۳	۴۳۶/۰	۲۲۲۳۵/۰

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ارقام گندم در تیمارهای شوری (۳)

شوری (دسی زیمنس)	ژنوتیپ ها	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه	درصد جوانه‌زنی (درصد)	نسبت سدیم به پتاسیم
صفر	۲۰ سراسری	۳/۴۴	۳/۲۵	۸۳/۹	۰/۵
	چمران	۴/۱۱	۳/۴۴	۸۵/۵	۰/۶۱
	D-85-17	۳/۰۰	۳/۲	۶۹/۴	۰/۶۱
۲	۲۰ سراسری	۳/۱۳	۳/۴۴	۸۱/۶	۱/۷
	چمران	۳/۷	۳/۹۲	۸۲/۷	۲/۴
	D-85-17	۲/۷۴	۳/۴۵	۷۱/۶	۲/۰
۴	۲۰ سراسری	۲/۵۲	۳/۰	۸۰/۰	۲/۶
	چمران	۳/۱	۳/۱۷	۸۱/۶	۳/۲
	D-85-17	۳/۳۱	۳/۴	۶۵/۵	۲/۶
۸	۲۰ سراسری	۱/۹۹	۲/۳۲	۷۲/۷	۲/۹
	چمران	۲/۴۸	۲/۸۲	۷۵/۰	۳/۶
	D-85-17	۲/۱۷	۲/۴۵	۶۵/۰	۵/۵
۱۲	۲۰ سراسری	۱/۴۴	۱/۸۷	۷۳/۸	۳/۳
	چمران	۱/۸	۲/۰	۶۸/۹	۴/۵
	D-85-17	۱۸/۱	۱/۳۸	۶۱/۱	۶/۵

جدول ۴- اثر تنش شوری در سطوح مختلف بر صفات کمی و کیفی دو ژنوتیپ گندم (۲۹)

ژنوتیپ / صفات	سطح شوری (دسی زیمنس بر متر)		
	۰/۹	۴/۹	۷/۰
ژنوتیپ Haurani			
عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	۸۲۶	۶۹۳	۶۶۲
وزن هزار دانه (گرم)	۳۷/۷	۳۷/۲	۳۸/۱
پروتئین دانه (درصد)	۱۵/۴	۱۶/۳	۱۵/۰
ژنوتیپ Cham-1			
عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	۹۷۰	۹۵۷	۸۶۷
وزن هزار دانه (گرم)	۴۱/۹	۴۱/۴	۴۲/۲
پروتئین دانه (درصد)	۱۴/۶	۱۳/۶	۱۴/۱

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های گندم از طریق نسبت جذب سدیم در مقایسه با پتاسیم از واکنش متفاوتی به تنش شوری برخوردارند. تنش شوری از طریق کاهش فشار آماس سلول، ممانعت از انجام وظایف غشاءها، اثر بر فعالیت آنزیم‌ها، ممانعت از فتوسنتز و القای کمبود یون در اثر کاهش انتقال یون‌ها و دیگر فرآیندهای فیزیولوژیکی موجب کاهش تولید و نمو و رشد، کاهش شاخص سطح برگ، زیست توده و عملکرد دانه در گندم می‌شود. برخی پژوهشگران بر این عقیده‌اند که انتخاب ارقام بر اساس پتانسیل بالای تولید می‌تواند یک راهکار مناسب برای افزایش عملکرد گندم در شرایط تنش شوری باشد. برخی نتایج نشان می‌دهند که ارقام گندم بهاره از عملکرد بالاتری در شرایط تنش شوری برخوردار بوده به تنش شوری تحمل بیشتری دارند. بطور کلی مطالعه اثر تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم و سازوکار ژنوتیپ‌ها برای تحمل تنش شوری می‌تواند یاری‌گر اصلاح گران گیاه در تولید ژنوتیپ‌های متحمل به شوری باشد.

منابع

۱-حیدری، م.، م، بخشنده.، ح، نادیان.، و ق، فتحی. ۱۳۸۵. تاثیر سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر عملکرد دانه، تنظیم کننده‌های اسمزی و جذب سدیم و پتاسیم در گندم رقم چمران. مجله علوم کشاورزی ایران- کرج. جلد ۳۷. شماره ۲. صفحات ۴۰-۵۱.

۲- محمدی، م، و ق. فتحی. ۱۳۸۲. مقایسه گزینشی ژنوتیپ‌های متحمل و پر محصول جو در شرایط مساعد و نا مساعد محیطی. مجله علمی کشاورزی اهواز. شماره ۲. ۱۴- ۲۷.

۳- مدحج، ع و کربلایی، ا. ۱۳۹۸. واکنش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* and *durum* L.) به تنش شوری در رژیم‌های مختلف دمایی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲ (۱): ۲۵۱-۲۶۲.

4-Acevedo, E., H. Silva., & P. Silva. 1998. Tendencias actuales de la investigación de la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. Bol. Técn. Esta. Exp. Agron., 49(1-2): 1-28.

5-Ahmad, M., Wang, X., Hilger, T.H., Luqman, M., Nazli,F., Hussain, A., Zahir, Z.A., Latif, M., Saeed, Q., Malik, H.A. 2020. Evaluating Biochar-Microbe Synergies for Improved Growth, Yield of Maize, and Post-Harvest Soil Characteristics in a Semi-Arid Climate. Agronomy, 10: 1055.

6-Afzal, I., Rauf, S., Basra, S. M. A., Murtaza, G. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. Plant Soil Environment, 54: 382–388.

7-Ashraf, M., and J. W. O'Leary. 1996. Responses of some newly developed salt-tolerant genotypes of spring wheat to salt stress. II. Water relation and photosynthetic capacity. Acta Bot. Neerl, 45: 29-39.

8-Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi., and G. D. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke). I. Factors affecting yields under stress. Austr. J. Agric. Res., 38: 37-48.

9. Bose, J., Rodrigo-Moreno, A., Shabala, S. 2014. ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance. Journal of Experimental Botany, 65: 1241–1257.

10-Chhipa, B. R., & P. Lal. 1995. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in wheat. Austr. J. Agric. Res, 46: 533-539.

11-Ding, Z., Kheir, A. S., Ali, O. A., Hafez, E., Elshamey, E. A. 2021. A vermicompost and deep tillage system to improve saline-sodic soil quality and wheat productivity. Journal of Environmental Management,277: 111–388.

12-Esfandiari, E., Enayati, V., Abbasi, A., 2011. Biochemical and physiological changes in response to salinity in two durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes. Not Bot Hort Agrobot Cluj, 39(1):165-170.

13- Foyer, C. H., Noctor, G. 2003. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. Physiology of Plants, 119: 355–364.

14-Francois, L. E., E. V. Maas., T. J. Donovan., & V. L. Youngs. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agron. J, 78: 1053-1058.

15-Frank, A. B., A. Bauer., & A. L. Black. 1987. Effects of temperature and water stress on apex development in wheat. Crop Sci, 27: 113-116.

16- Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., Siddique, K. H. M. 2015. Salt stress in maize effects resistance mechanisms and management: A review. Agronomy for Sustainable Development, 35: 461–48.

17- Garg, N.,Manchanda, N. 2009. Role of arbuscular mycorrhizae in the alleviation of ionic osmotic and oxidative stresses induced by salinity in *Cajanus cajan* (L.) millsp (pigeonpea). Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 110–123.

18-Grieve, C. M., L. E. Francois., & E. V. Maas. 1994. Salinity affects the timing of phasic development in spring wheat. Crop Sci, 34: 1544-1549.

19-Grieve, J., S. Lesch., L. Francois., & E. Maas. 1992. Analysis of main spike yield components in salt-stressed wheat. Crop Sci, 32: 697-703.

20-Guo, R., Yang, Z., Li, F., Yan, C., Zhong, X. 2015. Comparative metabolic responses and adaptive strategies of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt and alkali stress. BMC Plant Biology, 15, 170.

21- Gurmani, A. R., Bano, A., Najeeb, U., Zhang, J., Khan, S. U. 2013. Exogenously applied silicate and abscisic acid ameliorates the growth of salinity stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through Na+ exclusion. Australian Journal of Crop Science, 7: 1123–1130.

22- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology, 51: 463–499.

23- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous rotectants to mitigate salt-induced damages. Ecophysiology and responses of plants under salt stress. pp. 25–87. Nework,
NY, USA: Springer.

24-Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., Ahmad, P., Chandna, R. 2013. Enhancing plant productivity under salt stress: Relevance of poly-omics. *In* Ahmad P, Azooz M. M., Prasad, M. N. V. (eds), Salt Stress in Plants: Omics, Signaling and Responses, pp. 113–156. Berlin, Germany: Springer.

25- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., Fujita, M. 2011. Nitric oxide modulates antioxidant defense and the methylglyoxal detoxification system and reduces salinity-induced damage of wheat seedlings. Plant Biotechnological Reports, 5, 353–365.

26-Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. Ecophysiology and responses of plants under salt stress. pp. 25–87. New York, NY, USA

27- Iqbal, M., Ashraf, M. 2007. Seed treatment with auxins modulates growth and ion partitioning in salt-stressed wheat plants. Journal of Integrative Plant Biology, 49: 1003–1015.

28- Iqbal, M., Ashraf, M. 2005. Pre-sowing seed treatment with cytokinins and its effect on growth, hotosynthetic rate, ionic levels and yield of two wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Integrative Plant Biology,
47: 1315–1325.

29-Katerji, N., J. W. van Hoorn, C. Fares, A. Hamdy, M. Mastrorilli., and T. Oweis. 2005. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. Agricultural Water Management, 75 (2): 85-91.

30-Li, W. Y. F., Wong, F. L., Tsai, S. N., Phang, T. H., Shao, G. 2006. Tonoplast located GmCLC1 andGmNHX1 from soybean enhance NaCl tolerance in transgenic bright yellow (by)-2 cells. Plant Cell Environment, 29: 1122–1137.

31-Munns, R., James, R. A., and La¨ uchli, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57 (5): 1025–1043.

32- Neubert, A. B., Zorb, C. Schubert, S. 2005. Expression of vacuolar Na+/H+ antiporters (ZmNHX) and Na+ exclusion in roots of maize (*Zea Mays* L.) genotypes with improved salt resistance. *In* Li C. J. et al. (Eds), Plant nutrition for food security human health and environmental protection, pp. 63–89. Beijing, China:Tsinghua University Press.

33- Parida, A. K., Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324–349.

34-Pottosin, I., Velarde-Buendía, A. M., Bose, J., Zepeda-Jazo, I., Shabala, S.2014. Cross-talk between reactive oxygen species and polyamines in regulation of ion transport across the plasma membrane: Phyton, 2022, vol.91, no.4 683 Implications for plant adaptive responses. Journal of Experimental Botany, 65: 1271–1283.

35-Schachtman, D., R. Munns., and M. Whitecross. 1991. Variation and sodium exclusion and salt tolerance in Triticum tauschii. Crop Sci, 31: 992-997.

36-Shaddad, M. A. K., Abd El-Samad, H. M., Mostafa, D. 2013. Role of gibberellic acid (GA3) in improving salt stress tolerance of two wheat cultivars. International Journal Plant Physiology and Biochemistry, 5: 50–57.

37-Shannon, M. C. 1997. Adaptation of plants to salinity. Adv. Agron, 60: 75-120.

38-Shah, S., J. Gorham., B. Forster., & R. Wyn Jones. 1987. Salt tolerance in the Triticeae: the attribute of the D genome to cation selectivity in hexaploid wheat. J. Exp. Bot., 38: 254-269.

39- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W. 2000. Differential response of antioxidant omponents to salinity stress in salt-tolerant and salt sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). Physiology of Plants, 109: 435–442.

40-Wakeel, A., Farooq, M., Qadir, M., Schubert, S. 2011. Potassium substitution by sodium in plants. Critical Review in Plant Science, 30: 401–413.

41- Willekens, H., Inze, D., Van Montagu, M., van Camp, W. 1995. Catalases in plants. Molecular Breeding,1: 207–228.

42-Zou, P., Li, K., Liu, S., He, X., Zhang, X. 2016. Effect of sulfated chitooligosaccharides on wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 64: 2815–2821.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 11, Issue 2, autumn and winter 2021

Physiology of salt stress in wheat

Adel Modhej
Department of Plant Production and Genetics, Shushtar Branch, Islamic Azad University, Shushtar, Iran
*: **Corresponding Author, Email**: adel.modhej@yahoo.com
(Received: 28 October 2021; Accepted: 11 December 2021)

Abstract
Salinity stress is one of the important stresses affecting germination, growth, production and quality characteristics of wheat. Researchers have described salt stress as the accumulation of ions such as sodium, sulfate, and chlorine in the rhizosphere environment in a way that disrupts the natural growth of plants. Salinity stress through reducing the cell pressure, inhibition the functioning of membranes, affecting the activity of enzymes, inhibiting photosynthesis and inducing ion deficiency due to the reduction of ion transport and other physiological processes causes a decrease in growth, leaf area index, biomass and grain yield. Wheat cultivars show different reactions to soil and water salinity. Increasing tolerance to salinity in bread wheat cultivars is related to a decrease in sodium concentration in the plant and also a decrease in the sodium to potassium ratio in the leaves. Separation of sodium in leaves and preferably potassium is related to the presence of D genome in hexaploid wheats. In general, investigating physiological reactions, especially in salinity tolerant genotypes, is helpful for plant breeders to release salinity tolerant genotypes. This research is to study the effect of salinity stress on some characteristics Physiological and growth of wheat has been discussed.

Keywords: Salinity, enzymes, stress tolerance, ion stress