Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Investigating the simultaneous effect of waterlogging and salinity stress on some agricultural traits, yield and yield components of wheat

Sorollah Galeshi[1], Mitra Toloe Hafezian[2], Samereh Mohammadi Sharmeh[3], Afshin Soltani[4], Ebrahim Zeinali[5]

[1] Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: segaleshi@gmail.com
[2] Ph.D. candidate, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mitra.toloo73@gmail.com
[3] M.Sc Graduate Student, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mohammadi.6824@gmail.com
[4] Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: afshin.soltani@gmail.com
[5] Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: e.zeinali@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-07-16
Accepted: 2024-03-11

Keywords:
Biological yield
Cultivar
Flooding stress
Salinity
Seed yield

ABSTRACT

Background and objectives: Today, climate change has increased abiotic stresses, which are one of the main factors limiting crop production. Salinity and Flooding are the most important abiotic stresses that reduce the production of agricultural products in the soils of arid and semi-arid regions. Many saline soils around the world are also prone to Flooding due to the reduction of surface water infiltration caused by sodium, so this experiment aims to investigate the simultaneous effect of salinity and flooding stress and their interaction effect on some agricultural traits, yield and yield components of wheat varieties was done.

Materials and methods: The experiment was carried out in pots in the form of a completely random design in the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and factorially in the growing season of 2015-2016. The experimental treatments included different periods of Flooding at four levels (zero, 7, 14 and 21 days), salinity levels at three levels (zero, 100 and 200 mM NaCl) and wheat cultivars (Marvarid and Kohdasht). A total of 24 treatments were cultivated in 6 replications with 10 plants in each pot. In this experiment, traits such as plant height, stem and leaf dry weight, nitrogen percentage, number of spikes per plant, number of seeds per spike, thousand seeds weight, seed yield, biological yield and harvest index were measured.

Results: The results showed that the effect of salinity stress on stem and leaf dry weight, plant height, yield and yield components, harvest index, seed protein content was significant at the probability level of 1%. With increasing salinity stress, the characteristics of stem and leaf dry weight, plant height, grain yield and yield components, harvest index, and seed protein percentage decreased. The effect of flooding stress was significant only on leaf dry weight and seed protein content

at the probability level of 1%. The amount of leaf dry weight decreased due to waterlogging stress and this decrease intensified when these two stresses were applied simultaneously. With increasing salinity stress, the amount of grain yield and biological yield of wheat decreased, and this decrease was less in Kohdasht variety than Marvarid variety. Also, the correlation results showed that the number of seeds in the spike has the highest correlation with the grain yield, which indicates that with the decrease in the number of seeds in the spike, the seed yield also decreases with the same ratio.

Conclusion: In general, based on the results of this experiment, it can be stated that the simultaneous occurrence of flooding and salinity stress causes much more damage than the occurrence of each salt and Flooding stress alone, and the Kohdasht variety was more resistant to flooding and salinity stress than the Marvarid variety.

Cite this article: Galeshi, S., Toloe Hafezian, M., Mohammadi Sharmeh, S., Soltani, A., Zeinali, E. 2025. Investigating the simultaneous effect of waterlogging and salinity stress on some agricultural traits, yield and yield components of wheat. *Crop Production Journal*, 18 (1), 27-44.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2025.21439.2585
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷٤۰۳-۲۰۰۸

بررسی اثر همزمان تنش غرقاب و شوری بر برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

سراله گالشی[۱]، میترا طلوع حافظیان[۲]، سامره محمدی شرمه[۳]، افشین سلطانی[٤]، ابراهیم زینلی[٥]

[۱] استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: segaleshi@gmail.com

[۲] دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mitra.toloo73@gmail.com

[۳] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mohammadi.6824@gmail.com

[٤] استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: afshin.soltani@gmail.com

[٥] دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: e.zeinali@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/٤/۲٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۲/۲۱

واژه‌های کلیدی:
رقم
تنش غرقاب
شوری
عملکرد دانه
عملکرد بیولوژیک

چکیده

سابقه و هدف: امروزه تغییر اقلیم موجب افزایش تنش‌های غیرزیستی شده است که از عوامل اصلی محدودکننده تولید محصول می‌باشند. شوری و غرقاب از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی هستند که تولید محصولات کشاورزی را در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کاهش می‌دهند. بسیاری از خاک‌های شور در سراسر جهان نیز به دلیل کاهش نفوذ آب‌های سطحی ناشی از سدیم، مستعد غرقاب شدن هستند، ازاین‌رو این آزمایش با هدف بررسی اثر همزمان تنش شوری و غرقابی و اثر متقابل آن‌ها بر برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد، ارقام گندم انجام شد.

مواد و روش: آزمایش به‌صورت گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۳۹٥-۱۳۹٤ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوره‌های مختلف غرقاب در چهار سطح (صفر، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز)، میزان شوری در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl) و ارقام گندم (مروارید و کوهدشت) بودند. درمجموع ۲٤ تیمار در ٦ تکرار و با ۱۰ بوته در هر گلدان کشت شد. در این آزمایش صفاتی همچون ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ، درصد نیتروژن، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد تأثیر تنش شوری بر وزن خشک ساقه و برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش شوری، صفات وزن خشک ساقه و برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه کاهش یافتند. تأثیر تنش غرقابی تنها بر وزن خشک برگ و درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میزان وزن خشک برگ در اثر تنش غرقاب کاهش یافت و این کاهش زمانی شدت گرفت که این دو تنش همزمان

اعمال شدند. با افزایش تنش شوری مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم کوهدشت کمتر از رقم مروارید بود. همچنین نتایج همبستگی نشان داد تعداد دانه در خوشه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد که این امر نشان‌دهنده آن است که با کاهش تعداد دانه در سنبله عملکرد دانه نیز با همان نسبت کاهش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان بر اساس نتایج این آزمایش بیان کرد وقوع هم‌زمان تنش غرقابی و شوری به‌مراتب خسارت بیشتری را نسبت به وقوع هرکدام از تنش‌های شوری و غرقاب به‌تنهایی باعث شود، همچنین رقم کوهدشت نسبت به رقم مروارید دارای مقاومت بیشتری نسبت به تنش غرقابی و تنش شوری بود.

استناد: گالشی، سراله؛ طلوع حافظیان، میترا؛ محمدی شرمه، سامره؛ سلطانی، افشین؛ زینلی، ابراهیم. (۱٤۰٤). بررسی اثر همزمان تنش غرقاب و شوری بر برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (۱)، ٤٤-۲۷.

DOI: 10.22069/ejcp.2025.21439.2585

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه تغییر اقلیم موجب افزایش تنش‌های غیرزیستی شده است که از عوامل اصلی محدودکننده تولید محصول می‌باشند (۱ و ۲). تنش غرقاب و شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشند که سبب کاهش در عملکرد می‌شوند (۳ و ٤). بسیاری از خاک‌های شور در سراسر جهان نیز به دلیل کاهش نفوذ آب‌های سطحی ناشی از سدیم، مستعد غرقاب شدن هستند (۵). غرقابی زمین‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک احتمالاً مربوط به استفاده از آب باکیفیت پایین، وجود لایه‌ی غیرقابل نفوذ در خاک، روش‌های آبیاری نامناسب و خاک با زه‌کشی ضعیف است (٦). در شرایط تنش غرقابی، گیاهان فشار شدیدی را متحمل می‌شوند به این دلیل که آب اضافی موجود در اطراف گیاه سبب کاهش میزان اکسیژن و دی‌اکسید کربن خواهد شد و همچنین موجب کاهش غلظت اکسیژن در اطراف ریشه می‌شود که باعث تغییر در شدت تنفس تاریکی و بالا رفتن میزان استفاده از کربوهیدرات و در نهایت سنتز آنتی‌اکسیدان‌ها خواهد شد (۷ و ۸). یکی از مهم‌ترین اثرات شوری بر گیاهان زراعی توقف رشد آن‌هاست و در پی آن با افزایش سطح شوری، توسعه برگ‌ها متوقف و سطح برگ کاهش می‌یابد و کاهش در سطح برگ، با کاهش میزان جذب نور و ظرفیت کل فتوسنتز همراه است (۹). ارتباط بین غرقابی و شوری در چندین مطالعه نشان داد این دو تنش با کاهش هوادهی خاک در اطراف ناحیه ریشه و افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک، اثرات نامطلوبی بر رشد گیاه و عملکرد محصول دارد (۱۰ و ۱۱ و ۱۲). علاوه بر این، غلظت بالای سدیم در آب آبیاری می‌تواند باعث کمبود کلسیم و پتاسیم در خاک شود و غرقابی ممکن است به دلیل تخریب خاک‌های با ساختار مناسب باشد (۱۳). تنش همزمان غرقابی و شوری می‌تواند منجر به کاهش رشد، زنده‌مانی، فتوسنتز، تعرق و همچنین کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها و افزایش پیری برگ شود (١٤) که البته میزان این کاهش بین گونه‌های مختلف متفاوت است. همچنین باعث افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلر در ساقه و برگ‌ها می‌شود که ممکن است در ابتدا موجب افزایش انتقال سدیم و کلر به ساقه شده و سپس رشد ساقه را کاهش دهد. تنش همزمان شوری و غرقابی نسبت به هر کدام از تنش‌ها به‌طور جداگانه، اثرات بیشتری بر رشد و جذب عناصر غذایی در گیاه دارد (۱۵). حدود ۱۲ درصد از کل مساحت ایران برای تولیدات کشاورزی زیر کشت است که نزدیک به ۵۰ درصد از این سطح به درجات مختلف با مشکل شوری و غرقابی روبه‌رو است (١٦).

گندم دومین محصول مهم جهان و با مساحت تخمینی بیش از ۲۰۰ میلیون هکتار در سال ۲۰۲۰ می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود سطح زیر کشت گندم در سال ۲۰۳۰ نسبتاً ثابت بماند (۱۷). هرساله حدود ۲۰۰ میلیون تن گندم تولید می‌شود (۱۸). گندم به شوری خاک حساس است. شوری متوسط خاک باعث کاهش ۲۸ درصدی عملکرد در گندم می‌شود (۱۹). شرایط غرقابی به‌طور پیوسته در ۱۲ درصد از زمین‌های قابل‌کشت جهان وجود دارد که در مقایسه با عدم غرقابی، کاهش ۳۳ درصد از عملکرد را به دنبال دارد (۲۰)؛ بنابراین تنش‌های محیطی این پتانسیل را دارند که منجر به کاهش عملکرد قابل‌توجه گندم در سراسر جهان شود (۲). سالاری نسب و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که اثر توام تنش‌های شوری و غرقابی در مرحله ساقه رفتن بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت گیاه گندم، نسبت به هرکدام از تنش‌ها به‌تنهایی، شدیدتر بود (۲۱). حالت غرقابی یک محدودیت اضافی برای رشد گیاه در مناطق شور محسوب می‌شود که علاوه بر اثرات اسمزی و سمی سدیم و کلر، خاک دچار کمبود

اکسیژن (هیپوکسی) می‌شود (۲۲ و ۲۳). از اثرات اصلی شرایط غرقابی روی گیاهان می‌توان به کاهش تشکیل ATP، کاهش رشد و بقای ریشه‌ها، جذب کمتر عناصر غذایی و کاهش ظرفیت گیاهان برای دفع یون‌های سمی سدیم و کلر از برگ‌ها، اشاره کرد (۲۲ و ۲۳).

گندم در استان گلستان به‌عنوان یک محصول پاییزه و به‌صورت دیم کشت می‌شود. گاهی در طی فصول بارندگی یا بین دو دور آبیاری، به دلیل سنگینی بافت خاک و همچنین عدم نفوذ آب به داخل خاک و همچنین خاک شور، مناطقی از زمین کشاورزی برای چند روز یا حتی هفته‌ها در طول دوره رشد رویشی محصول، حالت غرقابی ایجاد می‌شود؛ بنابراین تنش شوری و غرقابی به‌طور همزمان رخ می‌دهد و موجب کاهش عملکرد می‌شود. خسارت این دو تنش بیشتر زمانی رخ می‌دهد که اکثر مزارع گندم در مرحله پنجه‌زنی می‌باشند؛ بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور اثر این دو تنش به‌طور همزمان در مرحله پنجه‌زنی بر روی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر تنش غرقاب و شوری بطور همزمان بر برخی صفات زراعی و عملکرد و اجزای عملکرد، به‌صورت گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوره‌های مختلف غرقاب در چهار سطح (صفر، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز)، میزان شوری در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl) و ارقام گندم (مروارید و کوهدشت) بودند. درمجموع ۲٤ تیمار در ٦ تکرار و با ۱۰ بوته در هر گلدان کشت شد. خاک گلدان‌ها دارای بافت شنی_رسی بود. بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۲٦ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲٤ سانتی‌متر کاشته شدند. در مرحله‌ی پنجه‌زنی، تنش غرقابی به بوته‌ها اعمال شد. به‌منظور اعمال تنش غرقابی، حوضچه‌هایی در زمین ایجاد شد و سطوح داخلی آن با پلاستیک ضخیم پوشانده شد. سپس گلدان‌ها درون حوضچه‌ها قرار گرفت و سطح آب حوضچه‌ها تا ۲ سانتی‌متر بالای خاک گلدان حفظ شد. برای اعمال تنش شوری از نمک NaCl استفاده شد. هدایت الکتریکی بستر کاشت حدود ۱۰-۸ دسی‌زیمنس بر متر برای سطح ۱۰۰ میلی‌مولار و ۱۸-۱٦ دسی‌زیمنس بر متر برای سطح ۲۰۰ میلی‌مولار حفظ گردید و این عمل تا مرحله برداشت نهایی محصول ادامه یافت. بعد از طی هر دوره‌ی غرقاب، گلدان‌ها از حوضچه خارج و بعد از نمونه‌گیری به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، گلدان‌ها تا انتهای دوره رشدی خود حفظ شدند.

در این آزمایش بعد از طی دوره هر یک از تیمارهای غرقاب (۰، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز)، صفاتی همچون ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته، نمونه‌ها به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس با ترازوی مدل EK-۲۰۰ i با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند.

جهت تعیین درصد نیتروژن از دستگاه کجلدال (مدل Behr-D-40599Duss eld orf) و روش شومان و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد (۲٤). ابتدا مقدار نیتروژن هر نمونه توسط دستگاه تعیین و سپس توسط روابط زیر اندازه‌گیری گردید (۲۵ و ۲٦).

رابطه (۱)

غلظت نیتروژن دانه = (وزن خشک دانه در زمان برداشت/ نیتروژن دانه) ×۱۰۰

رابطه (۲)

۵/۷۵ × غلظت نیتروژن دانه = پروتئین دانه

در انتهای دوره رشدی گندم ۳ بوته از هر تکرار کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس صفات تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری شاخص برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۳ بوته از هر تیمار برداشت شد و بعد از خشک‌کردن و توزین شاخص برداشت طبق رابطه (۳) محاسبه شد.

رابطه (۳)

$$\text{شاخص برداشت} \frac{\text{عملکرد اقتصادی (گرم در بوته)}}{\text{عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)}} \times ۱۰۰ =$$

داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار SASتجزیه‌وتحلیل شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد، برای مقایسه بین سطوح در طی تنش غرقاب و شوری از حدود اطمینان استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، اثر تنش غرقاب، تنش شوری، رقم، اثر متقابل تنش غرقاب و شوری و اثر متقابل تنش شوری و رقم در سطح احتمال یک درصد بر مقدار وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۱).

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش شوری و غرقاب، بیشترین مقدار برای وزن خشک برگ در شوری صفر میلی‌مولار بدست آمد که بین شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار در سطوح غرقاب صفر و ۷ روز و همچنین در شوری صفر و غرقاب ۱٤ و ۲۱ روز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

کمترین مقدار برای وزن خشک برگ در تمام سطوح غرقاب و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن خشک برگ در تمام سطوح شوری در تیمار صفر روز غرقاب مشاهده شد و کمترین مقدار وزن خشک برگ در ۲۱ روز غرقاب به دست آمد (جدول ۲).

یکی از سازگاری‌های گیاهان به شوری این است با بر هم زدن توازن یونی سیتوپلاسم به‌ویژه نسبت پتاسیم به سدیم و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، باعث اختلال در عملکرد آنزیم‌ها و کاهش فتوسنتز در گیاهان می‌شود (۲۷ و ۲۸) که این کاهش به شکل کاهش ماده خشک و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ظاهر می‌شود (۲۹). در طول دوره تنش غرقاب نیز جذب عناصر غذایی به‌خصوص عناصر غذایی پرمصرف در گیاه کاهش می‌یابد (۳۰) و عناصر غذایی ذخیره‌شده در برگ‌های پیر را به سمت قسمت‌های جوان حرکت می‌دهد و سبب ریزش برگ‌های پیر گیاه می‌شود (۳۱). در گندم نیز با افزایش مدت تنش غرقاب، جذب عناصر غذایی کاهش، برگ‌های پیر شروع به زرد شدن کرده و باعث کاهش وزن خشک برگ می‌شوند. نتایج نشان داد هنگامی‌که تنش شوری و غرقاب همزمان رخ می‌دهند، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث خسارت شدیدتر به گیاهان می‌شوند.

شوری به‌عنوان یک عامل محیطی تمام مراحل رشد و نمو گیاه، از جوانه‌زنی تا تولید دانه و میوه را کم‌وبیش تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۲). البته پاسخ گیاهان به شوری به نوع و مراحل نموی گیاه، شدت و مدت تنش بستگی دارد (۳۳). نتایج تبریزی دوز و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد تنش شوری به‌طور محسوسی صفات رشدی گل نرگس مانند وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش داد (۳٤).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش غرقاب، تنش شوری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، برگ، پروتئین دانه، تعداد سنبله در بوته و دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت.

Table 1- Analysis of variance of the effect of waterlogging stress, salinity stress, cultivar and their interaction effect on plant height, dry weight of stem, leaf, grain protein, number of spikes per plant and grain per spike, 1000grain weight, grain yield and biologic, harvest index.

منابع تغییر	S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	پروتئین دانه Grain protein	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	تعداد دانه در سنبله Number of Grain per spike	وزن‌هزاردانه weight of one thousand seeds	عملکرد دانه Grain Yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
غرقاب	waterlogging (a)	3	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
شوری	Salinity (b)	2	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
رقم	Cultivar (c)	1	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
غرقابی * شوری	a*b	6	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
غرقابی* رقم	a*c	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
شوری* رقم	b*c	2	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
شوری*غرقابی*رقم	a*b*c	6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
خطا	Error	48	11.6	0.002	0.0001	2.1	11.6	9.6	29.2	0.6	0.33	0.009
ضریب تغییرات (٪)	CV (%)		10.1	8.5	9.6	7.8	11.1	13.6	9.3	8.9	11.7	13.2

*، **و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

*, ** and ns are significant at the level 5%, 1% and non-significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و غرقاب وزن خشک برگ

Table 2. Average comparison of the mutual effect of salinity stress and waterlogging on leaf dry weight

تنش غرقاب waterlogging stress	تنش شوری (میلی‌مولار) Salinity stress (mmol)	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Leaf dry weight (g per plant)
0 روز	0	0.18a
	100	0.17a
	200	0.15b
7 روز	0	0.16a
	100	0.15a
	200	0.13b
14 روز	0	0.14a
	100	0.12b
	200	0.10c
21 روز	0	0.12a
	100	0.09b
	200	0.07c
LSD		0.01

میانگین‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری.

Averages with the same letters are significant at the 5% probability level.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد کاهش طول شاخه، تعداد برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی و ریشه به دلیل تنش شوری را می‌توان ناشی از کاهش فشار اسمزی، عدم تعادل در تغذیه (کاهش غلظت‌های پتاسیم، منیزیم و کلسیم)، سمیت یون، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و همچنین تنش اکسیداتیو دانست که در نهایت عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (۳۵).

درصد پروتئین دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری و تنش غرقاب بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

با افزایش تنش غرقاب، درصد پروتئین دانه کاهش‌یافته است و بیشترین مقدار را در صفر روز غرقاب و معادل ۱٤/٤ و کمترین مقدار را در ۲۱ روز غرقاب و معادل ٦/٦ بوده است (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش میزان پروتئین دانه، کاهش تولید ماده خشک تحت اثر تنش غرقابی است زیرا تنش غرقابی سبب کاهش سطح برگ و کلروفیل و تسریع در زوال و ریزش برگ‌ها و درنتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. ماده خشک تولیدشده موجود صرف تولید کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای ازجمله نشاسته که به آسانی متابولیسم می‌شوند و منبع انرژی بسیار خوبی هستند، می‌گردد (۳٦). همچنین درصد پروتئین دانه طی تنش شوری نیز با افزایش تنش کاهش یافته و بیشترین مقدار در شوری صفر میلی‌مولار، معادل ۱۵/۳ و کمترین مقدار در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، معادل ۵/۲ مشاهده شد (جدول ٤). به‌احتمال‌زیاد با افزایش شوری، به دلیل کاهش رشد رویشی و در نهایت کاهش رشد زایشی و عملکرد دانه، میزان عملکرد پروتئین کاهش پیدا کرد. چنین به نظر می‌رسد که افزایش شوری، رشد گیاه و محتوی مواد غذایی را در گیاه کاهش می‌دهد؛ بنابراین با کاهش رشد رویشی ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، رشد زایشی و در نهایت عملکرد دانه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند. تجزیه و تحلیل نتایج پرنده و همکاران (۲۰۱٤) نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار پروتئین دانه در گیاه لوبیا داشت (۳۷). اشرف و اولاری (۱۹۹۹) نیز گزارش کرد که

تنش شـــوری باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در مقدار پروتئین گیاهان می‌شـود (۳۸)؛ بنابراین به نظر می‌رسد کاهش رشـد رویشـی باعث کاهش رشـد زایشـی و عملکرد دانه شده است. پژوهشگران گزارش کردند که با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش شوری، رشد و عملکرد آن کاهش می‌یابد (۳۹).

ارتفاع بوته و وزن خشـک سـاقه در مرحله پنجه‌زنی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشـان داد تنها اثر تنش شـوری بر ارتفاع بوته و وزن خشـک سـاقه در سـطح احتمال یک درصـد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسـه میانگین با افزایش تنش شـوری، ارتفاع بوته و وزن خشک ساقه کاهش یافت (جدول ٤).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش غرقابی بر پروتئین دانه

Table 3- Comparison of the average effect of waterlogging stress on grain protein

تنش غرقاب Waterlogging stress	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)
0 Day	14.4a
7 Day	12.3b
14 Day	8.6c
21 Day	6.6d
LSD	1.6

میانگین‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری.

Averages with the same letters are significant at the 5% probability level.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته و پروتئین دانه

Table 4. Comparison of the average effect of salinity stress on stem dry weight, plant height and grain protein

تنش شوری (میلی‌مولار) Salinity stress (m mol)	وزن خشک ساقه(گرم در بوته) Stem dry weight (g per plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	پروتئین دانه (درصد) Grain protein(%)
0	0.36a	29a	15.2a
100	0.24b	24b	8.2b
200	0.16c	16c	5.4c
LSD	0.07	4.3	2.6

میانگین‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری

Averages with the same letters are significant at the 5% probability level.

کاهش ارتفاع سـاقه به احتمال‌زیاد ناشـی از تأثیر سـوء کلرور سـدیم بر دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سـلولی اسـت. تنش اسـمزی ناشـی از شـوری هر دو فرآیند فوق را کاهش می‌دهد. بعلاوه سـمیت ویژه یون‌های سدیم و کلر نیز با تأثیر منفی بر مراحل تقسیم سـلولی و سـیسـتم فتوسنتزی، رشد را کاهش می‌دهد. تحـت تنش شـــوری، تولیـد و انتقال هورمون‌های سـیتوکینین و جیبرلین که نقش مهمی در تقسـیم و طویل شـدن سـلول‌ها دارند کاهش می‌یابند (٤۰). با افزایش تنش شـوری شـاخص‌های رشد رویشی مانند تعداد برگ، طول سـاقه، وزن خشـک اندام هوایی و ریشـه کاهش می‌یابد (٤۱). تنش شـوری سبب کاهش در ارتفاع بوته و وزن ماده خشـک گیاه گندم شـد. همچنین پوترا و همکـاران (۲۰۲۳) گزارش کردنـد غلظت بالای NaCl باعث کاهش وزن‌تر، وزن خشـک، ارتفـاع، طول و عرض برگ‌های گیاه *Limocharis flava* شـد و وزن خشـک اندام هوایی گیاه نیز، از طریق کاهش رشـد رویشـی، سـطح برگ و کاهش فتوسنتز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (٤۲). با کاهش سطح برگ، میزان دریافت نور و درنتیجه میزان فتوسـنتز رو به کاهش گذاشـته و درنهایت فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشـک کاهش‌یافته و وزن خشـک قسمت هوایی که مجموع وزن خشـک سـاقه و برگ اسـت کاهش می‌یابد.

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشـان داد تنها اثر تنش شـوری بر تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سـطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود

(جدول ۱). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزار دانه از سطح شوری صفر میلی‌مولار و کمترین مقدار از سطح ۲۰۰ میلی‌مولار حاصل شد و بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین با افزایش مقدار تنش شوری در سطوح صفر با ۱۰۰، تعداد دانه در سنبله کاهش پیدا کرد و از لحاظ تعداد سنبله در بوته در سطوح شوری ۱۰۰ با ۲۰۰ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۵).

به نظر می‌رسد یکی از علل کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر شوری کاهش طول سنبله‌ها باشد. از طرف دیگر اختلال در متابولیسم کربوهیدرات به‌واسطه افزایش شوری که از کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها نتیجه می‌شود، می‌تواند به کاهش مقدار کربوهیدرات‌های قابل‌دسترس برای ارسال به اعضا ذخیره کننده منجر شده که درنتیجه تعداد پنجه بارور کاهش و تعداد دانه تشکیل‌شده کاهش‌یافته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر تعداد سنبله در بوته و دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت.

Table 5. Comparison of the average effect of salinity stress on the number of spikes per plant and grain per spike, 1000Grain weight and harvest index.

تنش شوری (میلی‌مولار) Salinity stress(mmol)	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	تعداد دانه در سنبله Number of Grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) 1000Grain weight (g)	شاخص برداشت Harvest Index
0	3a	71a	40a	54a
100	2b	66b	32b	51a
200	2b	46c	21c	48b
LSD	0.8	4.4	7	2.5

میانگین‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری.

Averages with the same letters are significant at the 5% probability level.

از آنجا که حدود ۷۰ درصد وزن خشک دانه گندم را نشاسته تشکیل می‌دهد بنابراین در شرایط تنش شوری، کاهش محتوای ساکارز قابل ذخیره به‌صورت نشاسته (٤٣) و همچنین کاهش فعالیت آنزیم‌های سازنده نشاسته به دلیل کاهش نسبت پتاسیم به سدیم از عوامل مؤثر در کاهش وزن دانه و درنهایت کاهش وزن هزاردانه گندم گزارش‌شده است (٤٤). همچنین کاهش عملکرد و اجزای عملکرد با افزایش شوری توسط سایر محققین در ذرت (٤٥) و گندم (٤٦) نیز گزارش‌شده است.

صدیق و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه اثر شوری بر عملکرد و صفات فیزیولوژی گندم بیان نمودند که شوری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد (٤٧). در مطالعات مختلف به وجود رابطه مستقیم و معنی‌دار بین وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم نان و اهمیت آن در بهبود عملکرد دانه به‌عنوان شاخص انتخاب تأکید شده است. خادم پیر و همکارن (٢٠١٤) کاهش طول دوره پر شدن دانه را علت اصلی کاهش وزن دانه طی تنش غرقاب بیان کردند (٤٨). تأثیر تنش شوری بر وزن دانه، به زمان اعمال تنش و غلظت نمک در محیط رشد بستگی دارد، به‌طوری‌که اعمال تنش در مراحل اولیه نمو گیاه به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، تأثیر بیشتری بر کاهش وزن دانه در هر سنبله می‌گذارد. به‌طورکلی تنش شوری با تأثیرگذاری بر صفات تعیین‌کننده میزان فتوسنتز همچون هدایت روزنه‌ای و رطوبت نسبی برگ سبب کاهش فتوسنتز خواهد شد که درنهایت این کاهش فتوسنتز، کاهش

وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و وزن دانه در بوته و عملکرد را در پی خواهد داشت (٤۹).

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه گندم و در سطح ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی‌دار بود، همچنین اثر رقم و اثر متقابل رقم و شوری در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری و رقم بیشترین مقدار برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در دو رقم کوهدشت و مروارید در شوری صفر میلی‌مولار مشاهده شد و کمترین مقدار برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به دست آمد (جدول ٦).

جدول ٦- اثر متقابل رقم و تنش شوری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

Table 6. Interaction effect of cultivar and salinity stress on grain yield and biological yield

رقم Cultivar	تنش شوری (میلی‌مولار) Salinity stress (mmol)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Grain Yield (g per plant)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته) Biological yield (g per plant)
کوهدشت Kuhdasht	0	2.6a	4.9a
	100	2.0b	3.8b
	200	0.9c	2.2c
مروارید Morvarid	0	2.8a	5.2a
	100	1.9b	3.5b
	200	0.6c	1.7c
LSD		0.5	0.7

میانگین‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌داری.

Averages with the same letters are significant at the 5% probability level.

تنش شوری، محتوای گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهد و در نتیجه سمیت با یون و هموستاز یونی مختل می‌شود؛ بنابراین باعث عدم تعادل در جذب مواد مغذی و تخریب غشاهای مختلف می‌شود که منجر به تنش اسمزی و یونی می‌شود (۵۰). همچنین جذب یون‌های سمی سدیم و کلر، انتقال و توزیع مواد مغذی را محدود می‌کند و در نتیجه باعث عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌شود (۵۱ و ۵۲). مطالعات اعظمی و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد شوری باعث کاهش ریشه، اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک در انگور و در نهایت مرگ کل گیاه می‌شود (۵۳).

نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد در تمام سطوح تنش شوری به‌جز صفر میلی‌مولار، مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در رقم مروارید کاهش بیشتری نسبت به رقم مروارید داشته است. این امر نشان‌دهنده آن است که رقم کوهدشت در شرایط شوری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به رقم مروارید تولید کرده و به شرایط شوری مقاوم‌تر می‌باشد (جدول ٦).

واکنش ارقام گندم به تنش شوری متفاوت است و لذا شناخت ارقام متحمل به شوری و سازوکارهای ایجاد این تحمل اهمیت زیادی در مطالعات زراعی و فیزیولوژیک دارد (٥٤). از مکانیسم‌های تحمل به شوری در گندم انتقال مقادیر پایین سدیم به اندام

هوایی، نسبت بالای پتاسیم به سدیم (۵۵) و همچنین تحمل بافت‌ها به افزایش سدیم در غلاتی مانند برنج (۵۶) و گندم (۵۷) می‌باشند و ارقام حساس به تنش با تجمع بالاتر سدیم در مقایسه با ارقام متحمل، بیشتر تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند (۵۸). با افزایش غلظت شوری به طور قابل‌توجهی تعداد روزهای تا شروع گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه، وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله را کاهش داد که این صفات در رقم‌های حساس به تنش شوری بسیار شدیدتر می‌باشد (۵۹).

شاخص برداشت: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش شوری بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین با افزایش تنش شوری شاخص برداشت کاهش می‌یابد (جدول ۵).

با افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت هم افزایش یافت، اما هرچه شاخص برداشت بیشتر می‌شود، عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک، بیشتر افزایش می‌یابد. نظر به اینکه شاخص برداشت نشان‌دهنده درصد انتقال مواد آلی ساخته‌شده از منبع به مخزن است، شاید بتوان نتیجه گرفت که ارقامی با شاخص برداشت زیاد، کربوهیدرات بیشتری را از اندام‌های سبز به دانه منتقل می‌کنند و سبب افزایش عملکرد دانه می‌شوند. رسولی و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند اینکه تنش غرقابی در کدام مرحله رشدی اتفاق بیافتد مهم است (۳۶). ایشان گزارش کردند در گیاه کلزا تنش غرقاب در مرحله رویشی تأثیری بر شاخص برداشت ندارد اما اگر تنش غرقاب در مرحله زایشی اتفاق بیافتد شاخص برداشت را به‌شدت کاهش می‌دهد. خادم پیر (۲۰۱۳) و تورانی (۲۰۱۳) بیان کردند تنش غرقاب اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه سویا ندارد (۳۱ و ۶۰).

جدول ۷- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 7. Correlation between measured traits

صفات	Traist	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه weight of one thousand seeds	تعداد دانه در سنبله Number of Grain per spike	عملکرد دانه Grain Yield
ارتفاع بوته	Plant height	1						
وزن خشک برگ	Leaf dry weight	0.91**	1					
وزن خشک ساقه	Stem dry weight	0.13ns	0.11ns	1				
عملکرد بیولوژیک	Biological yield	0.88**	0.71**	0.74**	1			
وزن هزار دانه	weight of one thousand seeds	0.71**	0.76**	0.54*	0.85**	1		
تعداد دانه در سنبله	Number of Grain per spike	0.70**	0.81**	0.66*	0.88**	-0.31*	1	
عملکرد دانه	Grain Yield	0.86**	0.83**	0.71**	0.94**	0.92**	0.98**	1

*، **و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

*, ** and ns are significant at the level 0.05, 0.01 and non-significant, respectively.

همبستگی: نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مختلف اندازه‌گیری شده در این آزمایش در جدول ۷ آورده شده است. بر اساس نتایج این جدول، بالاترین ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد که ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب برابر ۰/۹۸، ۰/۹۲ و ۰/۹٤ بود. این امر نشان‌دهنده آن است که هر عاملی که بر اجزای عملکرد دانه گندم اثر بگذارد، به‌طور مستقیم عملکرد گندم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. محققان دیگر نیز همبستگی بالا بین اجزای عملکرد دانه با عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند (۳۱ و ٦۱ و ۳۷).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این آزمایش با افزایش مدت تنش غرقاب سطح برگ و وزن خشک برگ کاهش پیدا کرد، این کاهش هنگامی‌که تنش غرقاب با تنش شوری همزمان بود، شدیدتر نیز شد. بر اساس نتایج این آزمایش تنش غرقاب بر ارتفاع بوته و وزن خشک بوته گندم اثر معنی‌داری نداشت؛ اما تنش با افزایش تنش شوری ارتفاع بوته و وزن خشک بوته گندم کاهش پیدا کرد. نتایج این آزمایش نشان داد اجزای عملکرد دانه (تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه گندم) تنها تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند و با افزایش مقدار شوری کاهش پیدا کردند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم کاهش پیدا کرد. میزان کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با افزایش مقدار شوری در رقم کوهدشت کمتر از رقم مروارید بود که این امر نشان‌دهنده حساس‌تر بودن رقم مروارید نسبت به تنش شوری می‌باشد. همچنین نتایج همبستگی نشان داد تعداد دانه در خوشه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد که این امر نشان‌دهنده آن است که با کاهش تعداد دانه در سنبله عملکرد دانه نیز به همان نسبت کاهش پیدا می‌کند. به‌طورکلی می‌توان بر اساس نتایج این آزمایش بیان کرد وقوع هم‌زمان تنش غرقابی و شوری به‌مراتب خسارت بیشتری را نسبت به وقوع هرکدام از تنش‌های شوری و غرقاب به‌تنهایی باعث شود، همچنین رقم کوهدشت نسبت به رقم مروارید دارای مقاومت بیشتری نسبت به تنش غرقابی و تنش شوری بود.

References

1. Hossain, A., Skalicky, M., Brestic, M., Maitra, S., Ashraful Alam, M., Syed, M.A., Hossain, J., Sarkar, S., Saha, S., Bhadra, P., Shankar, T., Bhatt, R., Chaki, A.K., Sabagh, A., & Islam, T. (2021). Consequences and mitigation strategies of abiotic stresses in wheat (*Triticum aestivum* L.) under the changing climate. *Agronomy*, *11*, 241.
2. Islam, M.R., Mia, M.B., & Islam, T. (2023). Role of abiotic stresses on photosynthesis and yield of crop plants, with special reference to wheat, *Chapter11*, 179-193.
3. Miri Kondori, M., Mohammadi, S.A., & Bandehhagh, A. (2014). Effect of salinity on root characteristics of Sahara 3771 (tolerant) and Clipper (sensitive) barley varieties. *Cereal Research*, *4*(2), 175-184. [In Persian]
4. Zhang, J., Zhang, Y., Du, Y., Chen, S., & Tang, H. (2011). Dynamic metabonomic responses of tobacco (Nicotiana tabacum) plants to salt stress. *Journal of Proteome Research*, *10*(4), 1904-1914.
5. Benmoussa, S., Nouairi, I., Rajhi, I., Rezgui, S., Manai, K., Taamali, W., Abbes, Z., Zribi, K., Brouquisse, R., & Mhadhbi, H. (2022). Growth Performance and Nitrogen Fixing Efficiency of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes in Symbiosis with Rhizobia under Combined Salinity and Hypoxia Stresses. *Agronomy*, *12*(3), 606.

6. Yasuor, H., Yermiyahu, U., & Ben-Gal, A. (2020). Consequences of irrigation and fertigation of vegetable crops with variable quality water: Israel as a case study. *Agricaltural Water Management*, *242*, 106362.
7. Sun, C., Gao, X., Fu, J., Zhou, J., & Wu. X. (2015). Metabolic response of maize (*Zea mays* L.) plants to combined drought and salt stress. *Plant and Soil*, *388*, 99-117.
8. Pirdehghan, S., Rahemi Karizaki, A., Gholamali Pouralamdari, A., & Hossein Sabouri, H. (2017). Investigating the effect of waterlogging stress in the seedling stage on yield and yield components of different wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Applied Research of Plant Ecophysiology*, *5*(2), 1-17. [In Persian]
9. Najafi, N., & Sarhangzadeh, E. (2012). Effect of NaCl salinity and soil waterlogging on growth characteristics of forage corn in greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, *3*(10), 1-14. [In Persian]
10. Mercau, J.L., Nosetto, M.D., Bert, F., Giménez, R., & Jobbágy, E.G. (2016). Shallow groundwater dynamics in the Pampas: Climate, landscape and crop choice effects. *Agricultural Water Management*, *163*, 159–168.
11. Singh, A. (2012). Development and application of a water table model for the assessment of waterlogging in irrigated semi-arid regions. *Water Resources Management*, 26, 4435–4448.
12. Singh, A. (2015). Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. *Ecological Indicators*, *57*, 128–130.
13. Amer, R. (2021). Spatial relationship between irrigation water salinity, waterlogging, and cropland degradation in the arid and semi-arid environments. *Remote Sensing*. 13(6): 1047.
14. Guo, H., & Pennings, S.C. (2012). Mechanisms mediating plant distributions across estuarine landscapes in a low-latitude tidal estuary. *Ecology*, *93*, 90–100.
15. Isweiri, H., Qian, Y., & Davis, J.G. (2022). Interactive effects of waterlogging and salinity on perennial ryegrass and alkaligrass. *International Turfgrass Society Research Journal*, *14*(1), 266-275.
16. Maghsoumi Holasoo, S., & Pourakbar, L. (2014). The effects of salinity stress on the growth and some physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Iranian Journal of Plant Biology*, *6*(19), 31-42. [In Persian]
17. Erenstein, O., Jordan Chamberlin, J., & Sonder, K. (2021). Estimating the global number and distribution of maize and wheat farms. *Global Food Security*, *30*,100558.
18. FAO (The Food and Agriculture Organization). (2021). World map of salt-affected soils. In: Global Symposium on Salt-Affected Soils, October 20–22, Rome, Italy.
19. Satir, O., & Berberoglu, S. (2016). Crop yield prediction under soil salinity using satellite derived vegetation indices. *Field Crops Research*, *192*, 134–143.
20. Tian, L., Zhang, Y., Chen, P., Zhang, F., Li, J., Yan, F., Dong, Y., & Feng, B.I. (2021). How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. Front. *Plant Science*, *12*, 634898.
21. Salari Nasab, S., Galeshi, S., Soltani, A., Zeinali, I., & Khadem Pir, M. (2015). Simultaneous effect of salinity and waterlogging stress on biological yield, economic yield and harvest index of a wheat variety (*aestivum Triticum* L.). Second National Congress of Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Science of Iran. *Association for Development and Promotion of Basic Sciences and Techniques*. [In Persian]
22. Barrett-Lennard, E.G., & Shabala, S.N. (2013). The waterlogging/salinity interaction in higher plants revisited-focusing on the hypoxiainduced disturbance to K homeostasis. *Functional Plant Biology*, *40*, 872–882.
23. Haddadi, B.S., Hassanpour, H., & Niknam, V. (2016). Effect of salinity and waterlogging on growth, anatomical and antioxidative responses in *Mentha aquatica* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, *38*(5),1-11.
24. Schuman, G.E., Stanley, A.M., & Kunden, D. (1973). Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. *SSSA Special Publications*, *37*, 480-481.
25. AOAC. (1999). Official Methods of Analysis. Method 988/05. CH. 4, P: 13.

26. Huggins, D.R., & Pan, W.L. (1993). Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Agronomy*, *85*, 898-905.
27. Negrao, S., Schmockel, S.M., & Tester, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany*, *119*, 1–11.
28. Mosleh Arani, A., Rafiei, A., Tabandeh, A., & Azimzadeh, H. (2018). Morphological and physiological responses of root and leave in gleditschia caspica to salinity stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, *9*(34), 1-12. [In Persian]
29. Gholizadeh, A., Dehghania, H., & Dvorakb, J. (2014). Determination of the most effective traits on wheat yield under saline stress. *Agricultural Advances*, *3*, 103–110.
30. Dagar, J.C., Sharma, P.C., Sharma, D.K., & Singh, A.K. (2016). Innovative Saline Agriculture. Springer.
31. Khadem Pir, M. (2013). Investigating the effect of waterlogging during the reproductive growth stage on some physiological, anatomical and performance characteristics of soybean. Master thesis of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 125 pages. [In Persian]
32. Afshar mohammadian, M., Ebrahimi nokandeh, S., Damsi, B., & Jamal Omidi, M. (2015). The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of four cultivars of *Arachis hypogaea* L. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, *28*(1), 23-33. [In Persian]
33. Shaki, F., Ebrahimzadeh, H., & Niknam, V. (2018). The effect of interaction between salicylic acid and penconazole on physiological and biochemical responses of safflower (carthamus tinctorius L.) under salinity. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, *31*(2), 370-382. [In Persian]
34. Tabrizi Dooz, R., Naderi, D., Kalateh Jari, S., Asadi Gharneh, H.A., & Ghanbari Jahromi, M. (2022). Mitigation of salt stress toxicity in *narcissus tazetta* L. by foliar application of methyl jasmonate. Isfahan University of Technology - *Journal of Crop Production and Processing*, *12* (1), 45-58. [In Persian]
35. Shaki, F., Ebrahimzadeh Maboud, H., & Niknam, V. (2018). Growth enhancement and salt tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) by salicylic acid. *Current Plant Biology*, *13*, 16-22.
36. Rasouli, F., Galshi, S., Pirdashti, H., & Zeinali, I. (2013). Investigating the effect of waterlogging stress on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Crop Production Journal*, *7*(2), 23-42. [In Persian]
37. Parande, S., Zamani, G., Sayyari, M., & Ghaderi, M. (2014). Effects of silicon on the physiological, quality and quantity characteristics of common bean (Phaseolus vulgaris) under salinity stress. *Iranian Journal Pulses Research*, *5*(2), 57-70. [In Persian]
38. Ashraf, M., & Oleary, J.W. (1999). Changes in soluble proteins in spring wheat stressed with NaCl. *Plant Biology*, *42*, 113-117.
39. Ashraf, M., Jaiwal, P.K., & Singh, G.A. (1997). Improvement of salt tolerance in same native pulse crops. Strtegies for improvement of salt tolerance in higher plants. Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, p. 413-434.
40. Afshinmehr, R., Alizadeh, O., Jafari Haghighi, B., & Zare, M. (2013). Evaluation the effects of different salt stress levels on some morphological and physiological traits in some soybean (*Glycine Max* L.) cultivars. *Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch)*, *5*(14), 17-33. [In Persian]
41. Jafari, T., Iranbakhsh, A., Kamali Aliabad, K., Daneshmand, F., & Seifati, S.E. (2022). Effect of salinity stress levels on some growth parameters, mineral ion concentration, osmolytes, non-enzymatic antioxidants and phenylalanine ammonialyase activity in three genotypes of (*chenopodium quinoa willd*). *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, *12*(45), 63-85. [In Persian]
42. Putra, S.P., Santosa, S., & Salsinha, Y.C.F. (2023). Waterlogging and salinity stress affecting growth and morphological character changes of Limnocharis flava. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *24*(1), 333-340.

43. Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez Blanco, M.J., & Hernández, J.A. (2017). Plant responses to salt stress: Adaptative Mechanisms. *Agronomy*, *7*(1), 1-38.
44. Amal, A.l., Temimi, S., Al-Ghrairi, A., & Razaq, I. (2020). Effect of potassium and micronutrient fertilization on the activity of catalase and yield of wheat grown in saline conditions. *Applied Science*, *1*, 81-87.
45. Seyed Sharifi, R. (2011). Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *9*(3), 393-397.
46. Hagh Bahari, M., & Seyed Sharifi, R. (2013). Influence of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, grain filling rate and period of wheat in different levels of soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *6*(1), 65-75. [In Persian]
47. Saddiq, M.S., Afzal, I., Basra, Sh., Iqbal, Sh., & Ashraf, M. (2020). Sodium exclusion affects seed yield and physiological traits of wheat genotypes grown under salt stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*, 1442–1456.
48. Khadem Pir, M., Galshi, S., Soltani, A., & Ghadrifar, F. (2014). Effect of flooding period and type of nitrogen feeding on quantitative and qualitative traits of soybean. *Journal of Plant Production Research*, *22*(3), 78-55. [In Persian]
49. Moradi, M., Ebrahimi, A., & Ghodrati, Gh.R. (2016). Investigating the effect of salinity stress on growth, physiological characteristics and seed yield of spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Plant* Production *Sciences*, *6*(2), 1-12. [In Persian]
50. Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, *156*, 64-77.
51. Heidari, M., & Jamshidi, P. (2011). Effects of salinity and potassium application on antioxidant enzyme activities and physiological parameters in pearl millet. *Agriculture Science*, *10*(2), 228–237.
52. Tiwari, J.K., Munshi, A.D., Kumar, R., Pandey, R.N., Arora, A., Bhat, J.S., & Sureja, A.K. (2010). Effect of salt stress on cucumber: Na+–K+ ratio, osmolyte concentration, phenols and chlorophyll content. *Acta Physiologiae Plantarum*, *32*, 103-114.
53. Aazami, M. A., Maleki, M., Rasouli, F., & Gohari, G. (2023). Protective effects of chitosan based salicylic acid nanocomposite (CS-SA NCs) in grape (Vitis vinifera cv.'Sultana') under salinity stress. *Scientific Reports*, *13*(1), 883.
54. Shabaninezhad, S., Khodarahmpour, Z., & Soltani Howezeh, M. (2015). Grouping wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) based on morphophysiological characteristics under salinity stress conditions. *Iran Seed Science and Research*, *4* (4), 59-71. [In Persian]
55. Byrt, C.S., Xu, B., Krishnan, M., Lightfoot, D.J., Athman, A., Jacobs, A.K., Watson-Haigh, N.S., Plett, D., Munns, R., Tester, M., & Gilliham, M. (2014). The Na+ transporter, TaHKT1; 5-D, limits shoot Na+ accumulation in bread wheat. *The Plant Journal*, *80*, 516-526.
56. Faiyue, B., Al-Azzawi, M.J., & Flowers, T.J. (2012). A new screening technique for salinity resistance in rice (*Oriza sativa* L.) seedlings using bypass flow. *Plant, Cell and Environment*, *35*(6), 1099-1108.
57. Munns, R., James, R.A., & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, *57*, 1025-1043.
58. Zhu, M., Shabala, L., Cuin, T.A., Huang, X., Zhou, M., Munns, R., & Shabala, S. (2016). Nax loci affect SOS1-Like Na+ /H+ exchanger expression and activity in wheat. *Journal of Experimental Botany*, *67*(3), 835-844.
59. Morsy, S., Elbasyoni, I.S., & Baenziger, S. (2021). Saline water threshold level that maximizes grain yield production and minimizes sodium accumulation for salinity stress-sensitive and tolerant wheat cultivars. *Asian Journal of Research in Crop Science*, *6*(1), 9-28.
60. Turani, M., Galshi, S., Zaineli, E., & Ghaderi Far, F. (2013). Investigating the effect of waterlogging stress and different nitrogen feeding regimes on the antioxidant activity of

soybean *Glycine max* L. The Second National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment. Hamedan. [In Persian]

61. Jamali, S.S., Barzoui, A., & Paknezhad, F. (2012). Root characteristics, sodium to potassium ratio and grain yield of seven wheat genotypes under salinity stress conditions. *Journal of Science and Techniques of Greenhouse Crops*, *5*(20), 175-165. [In Persian]