E-ISSN: 2538-2187 | P-ISSN: 2251-7901

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology

https://jab.alzahra.ac.ir/
Vol. 37, No.3. (2024) Autumn, 1-10
https://doi.org/10.22051/jab.2024.46550.1615

Paper Type: Original Article

Physiological Separation of Cultivars Tolerant and Sensitive to Salt Stress of Wheat (*Triticum aestivum*) by Cluster Aanalysis

Abbas Abhari[*1], Ali Masomi[2], Mansoreh Shamsabadi[3]

[1]*Dept. of Agriculture, Payame Noor University, 19395-4697 Tehran, Iran.;*(*Associate Professor: Corresponding author: abbasabhari@pnu.ac.ir).*

[2]*Department Khorasan Razavi Agricultural Research Center, Iran.*

[3]*Education and upbringing of Khorasan Razavi, Iran.*

Citation:

Abhari, A., Masomi, A. & Shamsabadi, M. (2024). Physiological separation of cultivars tolerant and sensitive to salt stress of wheat (*Triticum aestivum*) by cluster analysis. *The quarterly scientific journal of applied biology, Volume* 37 (Issue No. 3), PP. 1-10

Received: 2024.02.26 Accepted: 2024.06.05

Abstract

Introduction: Salinity stress is considered one of the most important stresses in arid regions and affects 20 percent of arable land around the world and is continuously increasing due to climate change and human activities.

Methods: To investigate the effect of salinity stress on some physiological traits of different wheat cultivars, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replicates in greenhouse of Payame Noor University of Sabzevar. In this experiment, 15 wheat cultivars were compared at three levels of salinity (0, 5 and 10 dS/m). Root and stem dry weight, leaf relative water content, electrolyte leakage, chlorophyll a, b and total chlorophyll, soluble sugars and amino proline contents were measured in different cultivars.

Results: The results showed that salinity increased the dry weight of root and stem and decreased the chlorophyll content. In salt stress condition, the lowest amount of leaf relative water belonged to Gascogen cultivar with 15.70 percent and the highest content was in Bam cultivar with 62.34 percent. The Mihan and Bam cultivars had the highest content of chlorophyll a and b.

Conclusion: The highest content of relative water content, proline amino acid and soluble sugars was observed in Pishtaz, Bam and Mihan cultivars. The results of cluster analysis showed that Mihan and Bam cultivars had the highest and Roshan, Gascogen, Bahar and Chamran cultivars had the least tolerance to salinity stress.

Keywords: Amino acid, Electrical conductivity, Electrolyte leakage, Soluble sugar, Stem dry weight

فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۷، شماره ۳، پیاپی ۸۱، پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۱۰-۱
https://jab.alzahra.ac.ir
https://doi.org/10.22051/jab.2024.46550.1615

نوع مقاله: پژوهشی

تفکیک فیزیولوژیک ارقام متحمل و حساس گندم (*Triticum aestivum*) به تنش شوری آب

عباس ابهری*[۱]، علی معصومی[۲]، منصوره شمس آبادی[۳]

۱*دانشیار، دانشگاه پیام نور- گروه علمی کشاورزی تهران ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵ ایران.
(*نویسنده مسئول: *abbasabhari@pnu.ac.ir*)
[۲]استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی، ایران.
[۳]آموزش و پرورش خراسان رضوی، ایران.

تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

چکیده

مقدمه: تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش ها در مناطق خشک محسوب می شود و بر ۲۰ درصد از زمین های قابل کشت در سراسر جهان تأثیر می گذارد و به دلیل تغییر اقلیم و فعالیت های انسانی به طور مداوم در حال افزایش است.

روش‌ها: جهت بررسی اثر تنش شوری بر بعضی صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه پیام نور مرکز سبزوار انجام شد. در این آزمایش ۱۵ رقم گندم در سه سطح شوری (۰، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) مقایسه شد. وزن خشک ریشه و ساقه، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، کلروفیل a، b و کلروفیل کل، میزان قندهای محلول و اسید آمینه پرولین در ارقام مختلف اندازهگیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد افزایش شوری موجب کاهش وزن خشک ریشه و ساقه و کاهش محتوی کلروفیل شد. در شرایط تنش شوری کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ متعلق به رقم گاسگوژن با ۱۵/۷۰درصد بود و بیشترین مقدار آن به رقم بم با میانگین ۶۲/۳۴ درصد اختصاص داشت. ارقام میهن و بم بیشترین محتوی کلروفیل a و b را داشتند .

نتیجه‌گیری: نتایج تجزیه کلاستر نشان داد که ارقام میهن و بم بیشترین و ارقام روشن، گاسگوژن، بهار و چمران کمترین تحمل به تنش شوری، را داشتند.

کلیدواژه‌ها: اسید آمینه، قند محلول، نشت الکترولیت، وزن خشک ساقه، هدایت الکتریکی

مقدمه

در حال حاضر، از چالش‌های پیش روی برای جمعیت انسانی در حال رشد جهان تامین امنیت غذایی است. با توجه به افزایش تنش‌های محیطی (تنش خشکی، شوری، غرقابی، سرما، گرما و غیره) در سال‌های اخیر، تولیدات کشاورزی کاهش یافته است و در این بین تنش شوری به شدت در حال گسترش است [1]. تنش شوری بر ۲۰ درصد از زمین‌های قابل کشت در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد و به دلیل تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی به طور مداوم در حال افزایش است [2]. بعد از چین، هند و پاکستان ایران با داشتن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور در صدر کشورهای مورد تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌شود [3]. شوری در بین تنش‌های محیطی در مناطق خشک، بیشترین اثر را روی گیاهان زراعی دارد [4]. تنش شوری به عنوان عامل محدود کننده رشد و توسعه گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مطرح است [5].

خشک‌سالی های پرتکرار و ممتد در ایران و تنش خشکی و در ادامه آن شوری آب و خاک، تولید بیشتر گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک را با محدودیت های روز افزون مواجه می کند و این باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان در این مناطق شده است [6]. اثرات منفی تنش شوری بر فتوسنتز، جوانه زنی، توزیع یون ها، قابلیت دسترسی به آب برای گیاه (تنش خشکی ثانویه) و اختلال در فرآیندهای آنزیمی و بیوشیمیایی موجب کاهش فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه و عملکرد گیاهان زراعی می شود [7]. شوری موجب تغییرات غیر طبیعی در گیاهان شده و با تأخیر در جوانه زنی، باعث افت عملکرد می‌شود [8]. شوری به شرایطی گفته می شود که هدایت الکتریکی ویژه آن چهار دسی زیمنس بر متر یا بیشتر باشد [9]. مطالعات زیادی نشان می دهد که بین گونه های گیاهی از نظر حساسیت و تحمل به شوری تفاوت‌های معنی داری وجود دارد [10].

تنش شوری باعث تجمع نمک در اندام های گیاه و در پی آن تولید اکسیژن فعال، تولید سمیت، کاهش تقسیم سلولی، عدم تعادل یونی، کاهش جذب آب (تنش خشکی ثانویه)، اختلال در جذب عناصر، بسته شدن روزنه ها و نهایتا کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می شود [11]. در شرایط تنش شوری تجمع پرولین و کربوهیدرات های محلول در گیاهچه های برنج موجب افزایش محتوای نسبی آب و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر سلامت غشاهای سلولی شد [12]. گیاهان استراتژی های متعددی در پاسخ به تنش های غیرزیستی مانند: شوری بالا، سرما، گرمای بالا دارند که از جمله می توان به تجمع اسملیت ها (پرولین) اشاره نمود. پرولین پایدارترین اسید آمینه ای است که در برابر تنش های اکسیداتیو مقاومت کرده و کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد سلول ها دارد [13]. از جمله آثار شوری می توان به کاهش آب قابل استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت برای گیاه، ناهنجاری های تغذیه ای، کاهش رشد و عملکرد گیاه را نام برد [14].

در مطالعه ای روی گیاهچه های برنج (*Oryza sativa*) تنش شوری باعث کاهش رطوبت نسبی برگ شد ولی رقم های متحمل به شوری رطوبت نسبی برگ را در شرایط تنش بهتر حفظ نمود. همچنین در شرایط شوری با افزایش تجمع پرولین و قندهای محلول باعث افزایش رطوبت نسبی برگ و کاهش تاثیر منفی تنش شوری بر پایداری غشای سلولی شد [15].

افزایش غلظت قندهای محلول سلول در گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری علاوه بر تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ، اهمیت ویژه ای در حفاظت از غشاهای سلولی دارد [16]. تنش با تاثیر بر سلامت غشاهای سلولی که غالبا از اسیدهای چرب به همراه ترکیبات پروتئینی و کربوهیدرات تشکیل شده، فیزیولوژی و سلامت سلولها را تحت تأثیر قرار میدهد [17].

در آزمایشی با بررسی واکنش ارقام یولاف (*Avena sativa*) به تنش شوری گزارش شد که شوری غلظت کلروفیل رقم های متحمل به شوری را کمتر از ۲۰ درصد و غلظت کلروفیل رقم های حساس به شوری را بیش از ۵۰ درصد کاهش داد [18]. تخریب کلروفیل و مختل شدن چرخه های فیزیولوژیکی ساخت کلروفیل از جمله دلایل اصلی کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کارایی فتوسنتز تحت تأثیر تنش شوری است [16].

در مجموع ساز و کار تحمل تنش نظیر توزیع یون ها، پایداری فتوسنتز، حفظ سلامت غشا سلولی و پایداری آنزیم¬ها منجر به حفظ سطح مطلوبی از وزن خشک اندام هوایی گندم می شود [19]. در مطالعه ای روی برنج نشان دادند که شوری اثرات مخرب بیشتری در مرحله گرده افشانی نسبت به گیاهچه ای داشت و تحت تنش شدید شوری برنج، تجمع پروتئین افزایش و محتوای نشاسته کاهش یافته است [20].

گندم مهم‌ترین محصول در بین تمام غلات است و رتبه اول را در بین محصولات تولید شده برای مصرف انسانی در سطح جهانی دارد [21].

در این مطالعه که با هدف تاثیرات فیزیولوژیکی تنش شوری بر روی صفات کمی و کیفی انجام شد، شناسایی، تفکیک و معرفی ارقام متحمل و حساس در مرحله گیاهچه ای در دستور کار قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، در بردارنده مطالعات گلخانه ای و آزمایشگاهی است که تمام مراحل آن در گلخانهٔ تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های دانشگاه پیام نور سبزوار انجام شد. در این تحقیق ۱۵ رقم و ژنوتیپ گندم (روشن، بم، اروم، پیشتاز، زارع، چمران، پارسی، بهبار، گاسکوژن، سیروان، سیوند، گاسپارد، میهن، C-88-4، سپاهان) مورد مطالعه قرار گرفتند. شرایط نور، دما و رطوبت در گلخانه مشابه فضای باز بیرون بود. با این تفاوت که یک پوشش پلاستیک (که از چهار طرف باز بود) برای ممانعت از باران وجود داشت.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای انجام آزمایش ۱۳۵ گلدان پلاستیکی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر استفاده شد. به خاک گلدان بر اساس آزمایش خاک بر مبنای کیلوگرم در هکتار کودهای نیتروژن (۵۰ کیلوگرم اوره)، فسفر(۲۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) محاسبه و اضافه شد. در هر گلدان پنج بذر با فواصل یکسان به صورت سطحی کشت شد و همه گلدان ها در حد ظرفیت زراعی (محاسبه به روش وزنی) آبیاری شدند. در ابتدای کاشت همه گلدان ها با آب شیرین آبیاری شده و ۳ روز بعد از کشت، اعمال تیمارهای شوری آغاز گردید. جهت اعمال سطوح شوری گلدان های شاهد با آب مقطر و سایر گلدان ها با محلول کلرید سدیم (با غلظت‌های ۰، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر)، تا رسیدن به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و تا پایان آزمایش آبیاری شدند. بعد از گذشت ۷۲ روز از تاریخ کشت، نمونه ها پس از جمع آوری از گلدان ها به صورت بوته کامل، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از شستشوی گل و لای ریشه ها و جدا کردن ریشه از اندام هوایی، ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از ۲ روز وزن خشک ریشه و ساقه نیز اندازه گیری شد.

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ در آزمایشگاه ۱۰۰ میلی گرم برگ تر تهیه و با ترازوی دقیق یک هزارم توزین شد و این برگ ها درون آب مقطر و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از این مدت، وزن آماس برگ ها تعیین شد. آنگاه برگ ها در دمای ۱۰۰ درجه و به مدت زمان ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس وزن خشک آنها مشخص گردید. در نهایت با استفاده از فرمول (۱) درصد محتوای نسبی آب تعیین شد [22].

فرمول ۱- درصد محتوای نسبی آب = ((جرم تر – جرم خشک) / (جرم تورژسانس – جرم خشک)) × ۱۰۰

برای تعیین درصد نشت الکترولیت (EL)، ۱۰۰ میلی گرم برگ درون ویال های شیشه ای حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و درب آنها کاملا بسته شد و پس از ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه میزان نشت اولیه (EL_1) با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی تعیین شد و همین نمونه ها به مدت یک ساعت درون آب جوش قرار گرفتند و میزان نشت نهایی آنها (EL_2) نیز تعیین گردید و آنگاه با استفاده از فرمول (۲) درصد نشت محاسبه گردید [23].

فرمول ۲- $$\%EL = (EL_1 / EL_2)^* 100$$

اندازه‌گیری کلروفیل a وb و کاروتنوئیدها [24]، پرولین [25] و قندهای محلول [26] از برگ سبز هر تیمار انجام شد.

آنالیز داده ها با نرم افزار آماری SAS و Excel و مقایسه میانگین ها با روش LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some of soil physical and chemical characteristics

P_{av} (mg/kg)	K_{av} (mg/kg)	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	Soil texture	EC (dS/m)	T.N.V (%)	pH
16	315	0.75	0.66	Sandy loam	5.77	16.2	7.4

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه و برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و شوری و اثر متقابل آنها بر وزن خشک برگ و ریشه معنی دار است (**جدول ۲**). بیشترین وزن خشک ریشه در بوته در تیمار شاهد و کمترین وزن خشک ریشه در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین ارقام در هر سطح شوری نشان داد که در تیمار شاهد (آب مقطر) ارقام بم، زارع، C-88-4 به ترتیب دارای بیشترین وزن خشک ریشه و ارقام روشن، بهار و چمران دارای کمترین وزن خشک ریشه هستند (**جدول ۳**). اثر سطوح شوری بر وزن خشک برگ نیز معنی دار شد. در سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر ارقام بم، میهن و سپاهان، بیشترین وزن و ارقام روشن، گاسگوژن و بهار به ترتیب کمترین وزن خشک برگ و در سطح ۱۰ دسی زیمنس بر متر ارقام سپاهان، بم و سیوند بیشترین و ارقام روشن، چمران و بهار به ترتیب کمترین وزن خشک برگ را دارا هستند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

Table 2- Variance analysis of studied traits

S.O.V	Proline	Soluble sugars	Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Electrolyte solution	Leaf relative water content	Leaf dry weight	Root dry weight
Replication	51.89^{ns}	.0044^{ns}	0.29^{ns}	0.10^{ns}	0.47^{ns}	0.82^{ns}	0.98^{ns}	0.0000015^{ns}	0.00003^{ns}
Salinity	4454**	175.63**	71.92*	43.09**	53.08**	3276.6**	4391.09**	0.01**	0.01**
Cultivar	754**	13.57**	36.48**	8.2**	21.63**	590.3**	1321.12**	0.006**	0.006**
Salinity*Cultivar	153**	3.47**	0.66**	0.68**	0.48**	31.5**	81.62**	0.0005**	0.0006**
Error	3.5	0.009	0.03	0.07	0.5	0.78	0.52	0.00005	0.00009
CV %	3.1	3.11	3.38	8.51	5.89	1.12	1.57	12.54	18.31

*و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

*, **: significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and ns: no significant.

محتوای نسبی آب برگ

تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری در سطح ۰/۰۱ تاثیر معنی داری بر محتوای نسبی آب برگ داشت. ضمن اینکه اثر متقابل شوری و رقم نیز معنی دار بود (**جدول ۲**).

در شرایط تنش شوری کمترین محتوای نسبی آب برگ متعلق به رقم گاسگوژن با ۱۵/۷۰درصد بود و بیشترین محتوای به رقم بم با میانگین ۶۲/۳۴ درصد اختصاص داشت. در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ متعلق به رقم C-88-4 با ۷۶/۰۶ درصد و کمترین محتوای به رقم گاسپارد با ۴۲/۷۵ درصد بود (**جدول ۴**). افزایش تجمع یون ها به ویژه سدیم و کلر می تواند در کاهش میزان آب نسبی موثر باشد [16].

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ارقام بر وزن ریشه وبرگ

Table 3- Mean comparison of interaction between salinity and cultivars on weight of leaf and root

Cultivar	Leaf dry weight (g/plant) based on EC changes			Root dry weight (g/plant) based on EC changes		
	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)
Bam	0.18a	0.099a	0.085a	0.16a	0.078a	0.069a
Sepahan	0.10b	0.087ab	0.080a	0.089bc	0.065ab	0.064ab
Gaspard	0.095bc	0.065c	0.053d	0.080bcd	0.048dc	0.024ef
Sirvan	0.092bc	0.081b	0.054dc	0.085bc	0.062ab	0.046de
Mihan	0.087dc	0.089ab	0.060bc	0.056gf	0.068ab	0.044de
Orum	0.083edf	0.065c	0.057dc	0.061ef	0.037ed	0.035ef
Sivand	0.089edf	0.074dc	0.055ab	0.085bc	0.080a	0.060b
c-88-4	0.077edf	0.050ed	0.037ef	0.094bc	0.041ed	0.017gh
Parsi	0.074ef	0.066c	0.065bc	0.078dec	0.061bc	0.045de
Pishtaz	0.069gf	0.061dc	0.038ef	0.066de	0.041ed	0.035ef
Zarea	0.067gf	0.057dc	0.050d	0.097b	0.067ab	0.053c
Gascogen	0.056g	0.025f	0.026gf	0.050gf	0.016e	0.016ghi
Bahar	0.036f	0.027f	0.018g	0.026h	0.009f	0.008hi
Chamran	0.034gi	0.037et	0.016g	0.040gh	0.033e	0.012ghi
Roshan	0.027i	0.005g	0.002h	0.004i	0.004f	0.001i
Lsd	0.05	0.004	0.006	0.017	0.014	0.005

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۵ درصد ندارد.

Numbers of common letters in each column do not have a significant difference at 0.5% level.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ارقام بر محتوای آب و الکترولیت

Table 4- Mean comparison of interaction between salinity and cultivars on electrolyte and water content

Cultivar	Leaf relative water content (%) based on EC changes			Electrolyte leakage (%) based on EC changes		
	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)
Bam	69.31c	64.05b	62.34a	74.63a	89.34a	98.11a
Sepahan	43.39i	32.79g	28.39i	77.28a	85.22a	92.57a
Gaspard	42.75i	38.87ef	25.69j	75.34a	88.51a	88.41ab
Sirvan	59.01e	52.01d	48.08d	78.51da	84.33ab	79gbc
Mihan	58.64e	41.56e	37.88f	78.21a	90a	97.7a
Orum	69.33c	61.36c	54.17c	78.1a	89a	94.12a
Sivand	71.52b	55.8cd	42.91f	66.56bc	78b	81.55b
c-88-4	76.06a	62.85c	46.55e	63.63c	73c	77bc
Parsi	75.27a	71.39a	61.02b	51.53e	68.2h	81b
Pishtaz	40.95i	30.95g	26.28k	69.99b	75.33bc	81b
Zarea	52.47g	37.73f	33.96h	73.95a	90.54a	96.24a
Gascogen	56.01f	31.71g	15.70k	56.53d	63k	71.54d
Bahar	48.95h	42.80e	37.93f	71.47ab	83ab	84.35b
Chamran	62.1d	58.91c	35.65g	67.38b	78fbc	92.68a
Roshan	62.08d	40.34e	34.95g	63.72c	70.42d	74.53cd
Lsd	2.02	4.3	1.1	4.99	6.1	7.2

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۵ درصد ندارد.

Numbers of common letters in each column do not have a significant difference at 0.5% level.

نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، شوری و اثر متقابل آنها بر نشت الکترولیت معنی دار است (**جدول ۲**). در شرایط تنش شوری بیشترین درصد نشت الکترولیت در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ارقام بم با میانگین ۹۸/۱۱ درصد و کمترین درصد نشت الکترولیت به گاسگوژن با میانگین ۷۱/۵۱ درصد و روشن با میانگین ۷۴/۵۳ درصد را به خود اختصاص داد و در شرایط بدون تنش (شاهد) بیشترین درصد نشت الکترولیت به رقم میهن با میانگین ۷۴/۶۳ درصد و کمترین آن به رقم گاسگوژن با میانگین ۵۶/۵۳ درصد و روشن با میانگین۶۳/۷۲ درصد اختصاص داشت (**جدول ۴**).

محتوی کلروفیل a، b و کلروفیل کل

در شرایط تنش شوری، بیشترین میزان غلظت کلروفیل a در سطوح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب به ارقام میهن با میانگین ۶/۸ میلی گرم در میلی لیتر و بم با میانگین ۶/۲ میلی گرم در میلی لیتر اختصاص یافت و کمترین غلظت کلروفیل a به ترتیب به ارقام گاسگوژن ۲/۲ میلی گرم در میلی لیتر و روشن ۲/۲ میلی گرم در میلی لیتر تعلق گرفت. سطوح مختلف شوری سبب کاهش میزان غلظت کلروفیل b نیز شد (**جدول ۵**).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ارقام بر محتوای کلروفیل

Table 5- Mean comparison of interaction between salinity and cultivars on chlorophyll content

Cultivar	Chlorophyll a (mg/ml) based on EC changes			Chlorophyll b (mg/ml) based on EC changes			Total chlorophyll (mg/ml) based on EC changes		
	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)
Bam	7.08a	6.45a	6.18b	6.4b	5.35b	4.19b	10.11b	9.27b	8.34b
Sepahan	5.27b	4.93b	3.91c	4.61d	3.84dc	2.85cd	7.34de	6.62d	4.33e
Gaspard	6.4b	4.48c	3.17e	3.26e	3.25ef	2.23ef	7.36de	6.09e	5.56c
Sirvan	4.6b	3.23d	3.10e	3.63e	2.31h	2.63de	6.15g	4.20h	4.10e
Mihan	8.19a	7.23a	6.77a	7.52a	6.28a	5.16a	11.20a	10.32a	9.35a
Orum	5.4b	3.67d	3.22e	3.13ef	2.48h	2.3ef	7.17e	5.60f	5.23d
Sivand	6.72ab	4.7bc	3.48de	5.77c	3.53ed	2.46de	7.56d	6.51d	5.36d
c-88-4	5.87b	3.56d	2.66f	5.44cd	2.87gh	1.35g	7.18de	4.10h	3.22f
Parsi	4.96b	3.99c	2.64f	4.35d	3f	1.91f	8.11c	7.10c	5.25d
Pishtaz	6.44b	5.11b	3.85cd	5.24cd	4.18c	3.23c	8.10c	7.13c	5.34d
Zarea	4.53bc	3.09d	2.12g	3.26e	2.1i	1.22gh	6.58f	5.30g	3.32f
Gascogen	3.33c	2.52de	1.17h	2.21f	1.34j	0.62i	5.29i	3.70i	3.11f
Bahar	3.1c	2.23e	1.16h	2.38f	1.85i	0.73i	4.27j	3.20j	2.21h
Chamran	3.5c	2.43e	1.36h	2.42f	1.86i	0.91gi	5.76h	3.13j	2.62g
Roshan	3.11c	2.27e	1.25h	2.28f	1.26j	0.80ih	5.2i	3.02j	2.10h
LSD	2.3	1.87	0.4	1.2	0.8	1.1	1.11	0.5	0.17

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۵ درصد ندارد.

Numbers of common letters in each column do not have a significant difference at 0.5% level.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ارقام بر پرولین و قندهای محلول

Table 6- Mean comparison of interaction between salinity and cultivars on prolin and soluble sugars

Cultivar	Soluble sugars (mg/g dry weight) based on EC changes			mmol. Prolin/kg Dw based on EC changes		
	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)	0 (dS/m)	5 (dS/m)	10 (dS/m)
Bam	1.05a	5.55a	4.42c	110.85b	176.65d	220c
Sepahan	1.03a	5.55a	5.55a	124.9b	208d	346.6b
Gaspard	1.03a	5.55a	5.55a	214.33a	596.66a	600a
Sirvan	1.02ab	5.55a	5b	115.6b	114.03e	341b
Mihan	0.95c	5.55a	5b	114.45b	193.64d	284bc
Orum	0.96c	5.52a	5.55a	108.3b	315c	351b
Sivand	0.95c	4.42c	5b	108.45b	131.29e	252c
c-88-4	0.95c	5.52a	5.55a	123.3b	108.25e	202d
Parsi	0.91c	4.47c	5.55a	137.9b	188.69d	354b
Pishtaz	0.91c	5.55a	5.55a	97.7c	443.66b	577a
Zarea	0.82d	0.95d	3.19c	108.3b	177.66d	317.2b
Gascogen	0.82d	0.91d	1.24e	93.65c	194d	311.76b
Bahar	0.77e	0.85d	1.53d	95.12c	158.45de	189.87d
Chamran	0.85d	5.29b	5b	125.77b	176.95d	216d
Roshan	0.75e	0.95d	2.24d	99.35c	108.99e	195.85d
LSD	0.099	0.19	0.50	32.3	48.4	51.4

اعداد با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۵ درصد ندارد.

Numbers of common letters in each column do not have a significant difference at 0.5% level.

با افزایش شوری، محتوی کلروفیل کل همچون کلروفیلa و b نیز کاهش یافت. **جدول ۵** به خوبی نشان می‌دهد که در سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بیشترین محتوی کلروفیل کل به رقم میهن و بم و کمترین محتوی به رقم روشن و گاسگوژن اختصاص داشت.

محتوی قندهای کل

محتوی قند محلول برگ در این مطالعه با افزایش تنش شوری افزایش معنی داری پیدا کرد (**جدول ۵**). میانگین محتوای قند محلول در تیمارهای شاهد، ۵ و۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۴/۰،۱۴/۹ و ۴/۵ میلی گرم در گرم ماده خشک بود. در شرایط تنش شوری بیشترین محتوای قند محلول در سطوح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر ارقام سپاهان، گاسپارد، اروم، سی ۸۸ – ۴، پارسی و پیشتاز بود این در حالی است که کمترین محتوای مربوط به گاسکوژن و بهار بود (**جدول ۶**).

در مطالعه‌ای که روی دو رقم ذرت انجام شد محتوای قندهای محلول با اعمال تنش شوری افزایش یافت [22]. همچنین در بررسی های انجام شده روی برنج [27] و در ارقام دیگری از کلزا با اعمال تنش شوری موجب افزایش محتوای قند رقم مقاوم در مقایسه با رقم حساس شد [28].

محتوی اسید آمینه پرولین

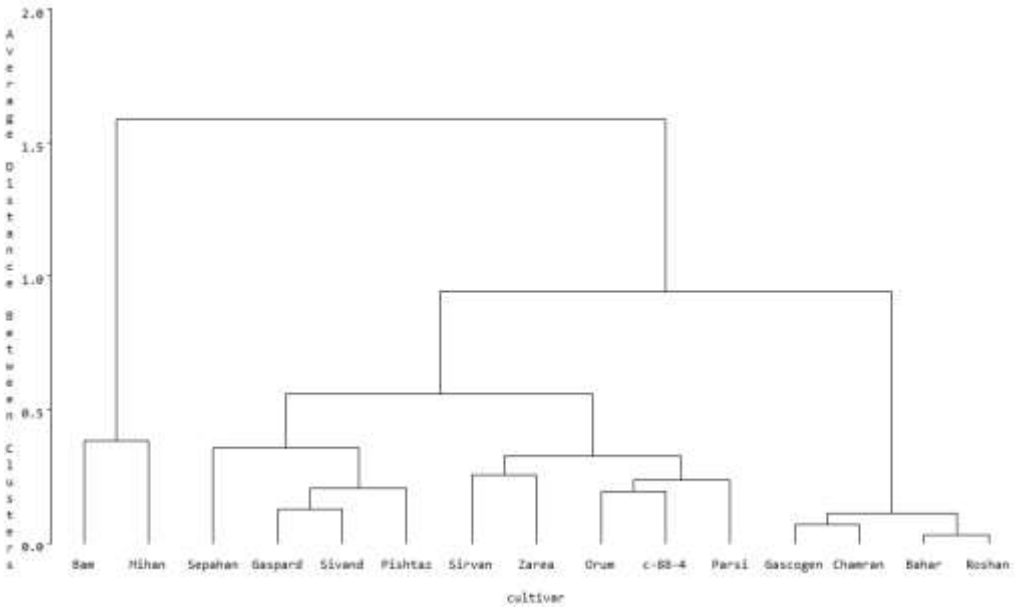
در مقایسه میانگین ارقام در تیمار شاهد، رقم گاسپارد با ۲۱۴/۳۲ و رقم گاسکوژن با ۹۳/۶۵ میلی مول پرولین در کیلوگرم وزن خشک برگ به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی پرولین را داشتند. در تیمار پنج دسی زیمنس بر متر، رقم گاسپارد با ۵۹۶/۶۶ و رقم c-88-4 با ۱۰۸ /۲۵ میلی مول پرولین در کیلوگرم وزن خشک برگ به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی پرولین را داشتند و تحت تنش ۱۰ دسی زیمنس بر متر، رقم گاسپارد با ۶۰۰ و رقم بهار با ۱۸۹/۸ میلی مول پرولین در کیلوگرم وزن خشک برگ به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی پرولین را به خود اختصاص داد.

نتایج نشان داد که رقم گاسپارد در شرایط تنش و شاهد بالاترین محتوی پرولین برگ را داشت (**جدول ۶**).

تجزیه خوشه ای

با توجه به اینکه در این مطالعه از صفات فیزیولوژیکی متعددی استفاده شد بنابراین برای انتخاب بهترین رقم های متحمل و حساس به تنش شوری در مرحله گیاهچه ای از روش تجزیه به مولفه های اصلی استفاده شد. در خوشه اول ارقام بم و میهن قرار گرفتند

که نشان دهنده ارقام متحمل به شوری در مرحله گیاهچه ای است. در خوشه دوم سپاهان، گاسپارد، سیوند و پیشتاز قرار گرفت، در خوشه سوم ارقام سیروان، زاریا، اروم، C-88-4 و پارسی قرار گرفت و نهایتا در خوشه چهارم و آخر ارقام حساس به تنش شوری در مرحله گیاهچه ای به نام های گاسکوژن، چمران، بهار و روشن قرار گرفتند (**شکل ۱**).



شکل ۱- تجزیه به مولفه های اصلی ارقام گندم متحمل و حساس به شوری در مرحله گیاهچه ای
Figure 1- Cluster analysis of wheat cultivars tolerant and sensitive to salinity in seedling stage

ارقام مختلف گندم تحمل یکسانی به تنش شوری ندارند و این تحقیق نشان داد در بین ۱۵ رقم گندم آزمایش شده، ارقام میهن، بم، پیشتاز به دلیل بالا بودن محتوای پرولین و قندهای محلول و کلروفیل a، b و کارتنوئیدها، بیشترین تحمل را در برابر تنش شوری را داشتند و ارقام گاسگوژن و روشن دارای کمترین میزان تحمل به تنش شوری بودند. بیشترین محتوای کلروفیل a در ارقام بم و میهن و کمترین آن در ارقام گاسگوژن و بهار ثبت شد. بیشترین محتوای کلروفیل b در رقم میهن مشاهده گردید و کمترین آن در رقم گاسگوژن بود. بیشترین محتوای کلروفیل کل در ارقام میهن و بم و کمترین آن در ارقام بهار و روشن ثبت شد. افزایش تنش شوری در اکثر ارقام باعث کاهش محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل گردید. در مجموع با افزایش میزان شوری از میزان وزن خشک ریشه، ساقه در ارقام مختلف گندم کاسته شد.

مختل شدن چرخه های فیزیولوژیکی ساخت کلروفیل از جمله دلایل اصلی کاهش محتوای کلروفیل و در نتیجه کاهش کارایی فتوسنتز تحت تأثیر تنش شوری است [16]. در برخی گزارش ها تخریب کلروفیل توسط یون های سدیم و به دنبال آن کاهش غلظت آن در برگ در سطوح متوسط شوری مطرح شده است [29]. اما گزارش های متعددی نیز این موضوع را تایید می کنند که افزایش شوری محیط موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ ها می شود [2]، [12].

محتوای قند محلول برگ با افزایش تنش شوری افزایش یافت. میانگین محتوای قند محلول در تیمارهای شاهد، ۵ و ۱۰ دسی-زیمنس بر متر به ترتیب ۴/۰،۱۴/۹۲ و ۴/۵۱ میلی گرم در گرم ماده خشک بود. در مطالعه ای که روی دو رقم ذرت انجام شد محتوای قندهای محلول با اعمال تنش شوری افزایش یافت [30]. همچنین در بررسی های انجام شده روی برنج [8] و ارقام کلزا [6]، اعمال تنش شوری موجب افزایش محتوای قندهای محلول رقم مقاوم در مقایسه با رقم حساس شد.

کاهش محتوای نسبی آب برگ با افزایش تنش شوری صورت گرفت. افزایش تجمع یون ها به ویژه سدیم و کلر می تواند در کاهش محتوای آب نسبی موثر باشد.

در این مطالعه در مجموع تنش شوری باعث افزایش نشت الکترولیت در بین ارقام شد. صدمه ناشی از عوامل تنش زای محیطی بر روی غشاهای سلولی در مطالعات مختلف به اثبات رسیده به نحوی که در اثر اعمال تنش شوری نفوذپذیری غشا نیز تحت تاثیر قرار

می گیرد. افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه ای از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها می باشد که احتمالا نتیجه تنش اکسیداتیو، در نتیجه شوری است.

شوری در مرحله گرده افشانی نسبت به مرحله گیاهچه ای اثرات مخرب بیشتری داشت همچنین تنش شدید شوری باعث افزایش میزان پروتئین و کاهش محتوای نشاسته در برنج شد [20]. در چغندرقند مصرف مواد تعدیل کننده تنش توانست با کاهش نشت الکترولیت برگ و تحمل بهتر شرایط تنش، کاهش عملکرد حاصل از تنش خشکی را جبران کند [31].

در سلول گیاهی حجم آب و میزان مواد، پتانسیل محلول درون سلولی را تعیین می کند بنابراین دو ژنوتیپ که دارای میزان آب نسبی متفاوتی بودند چنانچه دارای پتانسیل سلولی یکسانی باشند، می توان نتیجه گرفت که سلول های ژنوتیپ با محتوی آب نسبی بیشتر، می توانند مواد بیشتری در خود اندوخته و در تنظیم اسمزی موفق تر عمل کنند. بنابراین بخشی از کاهش در محتوای آب نسبی ژنوتیپ های مورد مطالعه در پی اعمال تنش شوری را می توان ناشی از افزایش غلظت محتوای سلولی جهت تنظیم اسمزی دانست. محتوای نسبی آب برگ ارتباط قوی با فتوسنتز و عملکرد بالا دارد. تجمع اسید آمینه پرولین و قندهای محلول باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر غشاهای سلولی شد [12]. همچنین در مطالعه ای روی بابونه تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار باعث افزایش محتوای پرولین شد [32].

ارقام مختلف گندم در شرایط مختلف تنش، عکس العمل فیزیولوژیکی متفاوتی داشتند و با استفاده از تولید پرولین در مقابل تنش شوری مقاومت نشان دادند، در واقع مشخص شد که با افزایش میزان شوری منجر به افزایش تولید پرولین در ارقام مختلف گندم شده است. بررسی های مختلف نشان داده است تجمع پرولین در شرایط تنش شوری، بیش از سایر اسیدهای آمینه صورت می گیرد که می تواند در تنظیم اسمزی و احتمالا حفظ فعالیت آنزیمی گیاه نقش داشته باشد. تجمع اسمولیت ها ازجمله پرولین و قندهای محلول یکی از راهکارهای افزایش تحمل به شوری عنوان شده است.

تجمع مواد اسمززا مثل اسید آمینه پرولین، از جمله روش هایی است که در پاسخ به تنش شوری گیاهان اتخاذ می کنند. پرولین پایدارترین اسید آمینه ای است که در برابر تنش های اکسیداتیو مقاومت کرده و کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد سلول ها دارد [4].

نتیجه گیری

با توجه به اینکه تجزیه به مولفه های اصلی (کلاستر) یک روش قدرتمند برای گزینش مؤثر ژنوتیپ و رقم ها، زمانی که آزمایش از طریق چندین صفت مطالعه می شود است لذا نتایج تجزیه کلاستر نشان داد در کلاستر اول ارقام بم و میهن قرار گرفتند که نشان دهنده ارقام متحمل به شوری در مرحله گیاهچه ای است و در کلاستر چهارم ارقام حساس به تنش شوری در مرحله گیاهچه ای به نام های گاسکوژن، چمران، بهار و روشن قرار گرفتند.

اعلام تعارض منافع

نگارندگان مقاله اعلام می دارند که در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از ریاست محترم دانشگاه پیام نور بدلیل حمایت از انجام این پژوهش اعلام می نماییم.

منابع

[1] Sairam P. K. & Tyagi A. (2005). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plant. *Crop Science 86*, 407-4021.

[2] Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environ. Sustain. 2*, 95–96.

[3] Moameni, A. (2011). Geographic distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *IR. J. Soil Res. (Form soil water sci). 24*, (3), 203-215.

[4] Hatami Varxaneh, M. (2002). Secret health with herbs. Fahmideh Shahid Publishing, pp. 254.

[5] Abbasi, H., Moazzam, J., Anwar, H., Shafaqat, A., Rafiq, A. & Zafar, M. (2016). Salt manifaestation on plants, mechanism of salt tolerance and potassium role in alleviating it: a review. *Zemdirbyste-Agricultur*, *103*, 2, 229-238.

[6] Hossini, Y., Ramezani Moghaddam, J., Nikpour, M. R. & Abdoli, A. (2018). Evaluating water uptake functions under simultaneous salinity and water stress conditions in *Solanum lycopersicum*. *J. Agric. Water Manag. 32*, 2, 247-265.

[7] Pandey, V.K., & Saxena, H.K. (1987). Effects of soil salinity on chlorophyll, photosynthesis respiration and ionic composition at various growth stages in paddy. *Indian Journal of Agricultural Chemistry, 20* (2), 40-155.

[8] Inan, G., Zhang, Q., Li, P., Wang, Z., Cao, Z., Zhang, H., Zhang, C., Quist, T. M., Goodwin, S. M., Zhu, J., Shi, H., Damsz, B., Charbaji, T., Gong, Q., Ma, S., Fredricksen, M., Galbraith, D.W., Jenks, M.A,Rhodes, D., Hasegawa, P.M., Bohnert, H.J., Joly, R.J., Bressan, R.A. & Zhu, J.K. (2004). Saltcress, a halophyte and cryophyte arabidopsisive model system and its applicability tomolecular genetic analyses of growth and development of extremophiles. *Plant Physiology, 135*, 1718–1737.

[9] Okcu, G., Kaya, M. D. & Atak, M. (2005). Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of *pea (Pisum sativum*). *Turkish Journal of Agriculture 29*,137-243.

[10] Ranjbar, G.H., & Anagholi, A. (2018). Concepts of salt stress and plant response. Agricultural Education and Extension Press. Tehran. 148 p.

[11] Zhao, G.Q., Ma, B.L. & Ren, C. Z. (2007). Growth, Gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of Nakota Oat in response to salinity. *Crop Science 47*, 123-131.

[12] Besma B. D. & Denden M. (2012). Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *American Journal of Plant Physiology, 7*, 174-183.

[13] Moaveni, P. (2011). Effects of drought stress on antioxidant enzymes and proline in sorghum. *Quarterly Journal of Crop Ecophysiology, 1*, 24-30.

[14] Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A. & Nagvi, M.H. (2005). Potassium induced salinity tolerance in wheat. *International Journal of Environment Science Technology 2*, 233-236.

[15] Bhattacharjee, S. & Mukherjee A. K. (2002). Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. *Seed Science and Technology 30*, 279-287.

[16] Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment 25*, 239-250.

[17] Cavalanti, F. R., Lima, J. P. M. S., Silva, S. L. F., Viegas, R. A. & Silveira, J. A. G. (2007). Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *Journal of Plant Physiology 164*, 591-600.

[18] Zheng P. C., Liu C., Liu L., & Meijuan D. (2023). Effect of salinity stress on rice yield and grain quality: A meta-analysis. *European Journal of Agronomy, 144*.

[19] Smart, R.E. & Bingham G.E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol., 53*, 258-260.

[20] Zhikang, L., Tianyang, Z., Kuanyu, Z. & Weilu, W. (2023). Effects of salt stress on grain yield and quality parameters in rice cultivars with differing salt tolerance. *Plants 12* (3243), 2-19.

[21] Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F. & Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: a bibliometric comparative analysis. *Agronomy 9*, 352.

[22] Mohammadkhani, N. & Heidari, R. (2008). Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *World Applied Sciences Journal, 3*, 448-453.

[23] Yildiz, M., Poyraz, İ., Çavdar, A., Özgen, Y. & Beyaz, R. (2020). Plant Responses to Salt Stress. *Plant Breeding-Current and Future Views 17*, 14-39.

[24] Dere, S., Gunes, T. & Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany, 22*, 13-17.

[25] Bates, L.S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil, 39*, 205–207.

[26] Buysee, J. & Mercks R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *J. Exp. Bot., 44*, 1627-1629.

[27] Mostajeran, A. & Rahimi-Eichi, V. (2009). Effects of drought stress on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. *American-Eurasian journal of agricultural and environmental sciences, 5*, 264-272.

[28] Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B. & Kholdebarin, B. (2004). Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to water deficit stress under laboratory conditions. *Iranian journal of science and technology, 28*, 43-50.

[29] Rahman, M., Soomro, U-A., Zahoor-ul-Haq, M., & Gul, S. (2008). Effects of NaCl Salinity on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. *World Journal of Agricultural Sciences 4* (3), 398-403.

[30] Heidari, M. (2012). Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. *African Journal of Biotechnology, 11* (2), 379-384.

[31] Muneera, D. F. A., Yaser, M. H., Kotb A., Emadeldeen, R., Latifa, A., Hussah, I. M. A. & Khaled, A. A. A. (2021). Evaluation of silicon and proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. *Antioxidants 10*, 398, 1-19.

[32] Ezzatmand, I., Vojodi Mehrabani, L. & Abdolzadehfard, A. (2023). Nano-titanium oxide and nano zinc oxide foliar application ameliorates the salinity stress effects on *Matricaria Chamomilla*. *Journal of Applied Biology, 36* (3), 86-101.