

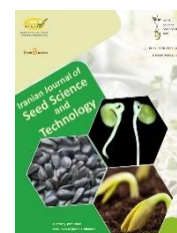


Seed
Science
Society of
Iran



Seed and Plant
Certification and Registration
Institute

Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The response of germination characteristics and seedling growth of three cotton cultivars to drought and salinity stresses

Samaneh Al-Sadat Seyed Heydarian¹, Reza Tavakkol Afshari^{2*} , Ebrahim Izadi Darbandi² 

1. MSc. in Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Article Information

Received: 09 Jan 2024

Revised: 16 Feb. 2024

Accepted: 17 Feb. 2024

Keywords:

Cotton,
Germination Index,
Early stages of growth,
Salinity stress,
Drought stress.

Corresponding Author:

tavakolafshari@um.ac.ir



Abstract

High salinity and drought are common environmental problems that affect seed germination and plant growth. Identifying cultivars tolerant to drought and salinity stress conditions and using them in agricultural systems is one of the tasks of improving cotton production. For this purpose, 3 cotton cultivars in the form of a completely randomized design and using factorial testing under non-stressed and stressed conditions Three repetitions were evaluated. In both experiments, 3 cotton cultivars (MAY344, BA440, VARAMIN) were used as the first factor, and the second factor was salt stress in the first experiment and drought stress in the second experiment. The levels of salinity stress were 0, 180 60, 120 Mm using NaCl salt and in the second experiment, the drought stress levels were considered to be 0, 0.4, 0.8 MPa using polyethylene glycol 6000 solution. The studied properties include germination percentage, germination speed, root length, stem length, wet weight of root and stem, and dry weight of root and stem. The results of the study showed that there was a significant difference at the probability level of 1% or 5% between cultivars in each There are two stresses, but in general, drought stress had more inhibition on the measured traits. For root dry weight, Varamin number had the lowest decrease compared to the other two cultivars, and at the last level of stress compared to the control, for salinity stress 14 % and recorded a 66% reduction in drought stress. The results of this study showed that Varamin cultivar has better performance than the other two cultivars in all investigated parameters under drought and salinity stress conditions.

How to cite this paper: Seyed Heydarian, S. S., Tavakol Afshari, R., & Izadi Darbandi, E. (2026). The response of germination characteristics and seedling growth of three cotton cultivars to drought and salinity stresses. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 15(1), 21-35. <https://doi.org/10.22092/ijst.2024.364549.1513>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Cotton (*Gossypium* spp.) is one of the most important fiber and oilseed crops worldwide and plays a strategic role in agricultural production systems, particularly in arid and semi-arid regions. However, the expansion of saline soils and increasing frequency of drought events due to climate change have intensified constraints on cotton establishment and productivity. Germination and early seedling growth are among the most sensitive developmental stages to environmental stresses, and successful crop establishment largely depends on rapid and uniform germination under suboptimal conditions. Salinity stress primarily reduces germination through osmotic effects and ion toxicity, while drought stress limits water uptake, disrupts metabolic activation, and delays radicle emergence. Given the extensive cultivation of cotton in regions affected by soil salinity and water scarcity, identifying cultivars with enhanced tolerance at the germination and early growth stages is essential for sustainable production. Therefore, the present study aimed to evaluate the response of germination traits and seedling growth parameters of three cotton cultivars (MAY344, BA440, and VARAMIN) under controlled salinity and drought stress conditions, and to determine the most tolerant cultivar for early-stage establishment.

Materials and Methods

Two independent factorial experiments were conducted in a completely randomized design with three replications to assess the responses of three cotton cultivars (MAY344, BA440, and VARAMIN) to salinity and drought stresses during germination and early seedling growth. In the salinity experiment, stress was imposed at four levels (0, 60, 120, and 180 mM) using NaCl, whereas in the drought experiment osmotic stress was induced at three water potentials (0, -0.4, and -0.8 MPa) using polyethylene glycol (PEG 6000). Surface-sterilized seeds were placed in Petri dishes lined with sterilized filter paper and incubated in a germinator at 26°C and 70% relative humidity. Germination was recorded daily for seven days, and seeds were considered germinated when the radicle reached at least 2 mm in length. The evaluated traits included germination percentage and mean germination time as indicators of germination behavior, along with root length, stem length, seedling length, root and stem fresh, and root and stem dry weight as measures of early seedling growth and biomass accumulation. Dry weights were determined after oven-drying the samples at 70°C for 48 hours. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level. Correlation coefficients among measured traits were also calculated.

Results and Discussion

The results showed significant differences ($p \leq 0.01$ or 0.05) among cultivars under both salinity and drought stresses for most measured traits. Overall, drought stress exerted a stronger inhibitory effect than salinity stress on germination and seedling growth. Under salinity stress, increasing NaCl

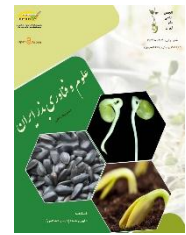
concentration significantly reduced germination percentage, radicle and plumule length, and fresh and dry weight. At 180 mM NaCl, germination percentage markedly declined compared to the control treatment. The interaction between cultivar and salinity was significant for most traits, indicating differential responses among cultivars. Among the tested genotypes, VARAMIN consistently exhibited higher germination percentage, faster germination (lower MGT), longer root length, and greater fresh and dry weights compared to MAY344 and BA440. Drought stress had a more severe impact on germination and seedling growth. At -0.8 MPa, germination was completely inhibited in MAY344 and BA440, whereas VARAMIN still maintained partial germination (13.66%). Similarly, root and stem lengths sharply declined under severe drought conditions. The reduction in root dry weight at the highest drought level reached 66% compared to the control, while under salinity (180 mM), the reduction was approximately 14% in the most tolerant cultivar. Correlation analysis revealed strong positive relationships between germination percentage and seedling growth traits, particularly root length, seedling length, and fresh weight. Under drought stress, dry weight of root and stem showed significant positive correlations with most morphological traits, indicating that biomass accumulation is closely associated with stress tolerance during early growth stages. The superior performance of VARAMIN may be attributed to its greater capacity for water uptake under osmotic stress, better maintenance of cellular integrity, and more efficient mobilization of seed reserves. In contrast, the higher sensitivity of MAY344 and BA440 under severe drought suggests limited osmotic adjustment capacity and reduced metabolic resilience. Overall, the findings confirm that osmotic stress induced by PEG was more restrictive than ionic stress caused by NaCl during germination, likely because high osmotic potential directly restricts water availability without allowing adaptive ionic adjustments.

Conclusion

The present study demonstrated significant genotypic variation in response to salinity and drought stresses during germination and early seedling growth of cotton. Both stresses negatively affected germination percentage, germination speed, root and stem growth, and biomass accumulation; however, drought stress imposed a more pronounced inhibitory effect than salinity stress. Among the evaluated cultivars, VARAMIN exhibited superior tolerance under both stress conditions, maintaining higher germination capacity and better seedling growth performance. Therefore, this cultivar can be recommended for cultivation in regions prone to salinity and water deficit during the establishment stage. Selection of tolerant cultivars represents a practical, low-cost, and environmentally sustainable strategy to mitigate the adverse effects of abiotic stresses on cotton production. Future studies focusing on physiological and molecular mechanisms underlying early-stage stress tolerance may further enhance breeding programs aimed at improving cotton resilience under challenging environmental conditions.

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه و تولید بذر و نهال

نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

پاسخ خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سه رقم پنبه به تنش‌های خشکی و شوری

سمانه‌السادات سید حیدریان^۱، رضا توکل افشاری^{۲*}، ابراهیم ایزدی دربندی^۲

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

واژه‌های کلیدی:

پنبه،

شاخص جوانه‌زنی،

مراحل اولیه رشد،

تنش شوری،

تنش خشکی.

نویسنده مسئول:

tavakolfshari@um.ac.ir

شوری بالا و خشکی از مشکلات محیطی رایجی است که بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. شناسایی ارقام متحمل به شرایط تنش خشکی و شوری و استفاده از آنها در سیستم‌های زراعی یکی از کارهای بهبود تولید پنبه می‌باشد. به همین منظور ۳ رقم پنبه در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمایش فاکتوریل تحت شرایط بدون تنش و تنش با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر دو آزمایش از ۳ رقم پنبه (MAY344, BA440, VARAMIN) به عنوان فاکتور اول استفاده شد و فاکتور دوم در آزمایش اول تنش شوری و در آزمایش دوم تنش خشکی بود. سطوح تنش شوری صفر، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی‌مولار با استفاده از نمک NaCl و در آزمایش دوم، سطوح تنش خشکی صفر، ۰/۴، ۰/۸ مگاپاسکال با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلايکول ۶۰۰۰ در نظر گرفته شدند. صفات مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بود. نتایج بررسی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و یا ۵٪ بین ارقام در هر دو تنش وجود دارد اما به طور کلی تنش خشکی بازدارندگی بیشتری را بر روی صفات اندازه‌گیری شده داشت. برای وزن خشک ریشه‌چه، رقم ورامین کمترین کاهش را نسبت به دو رقم دیگر داشت و در آخرین سطح تنش نسبت به شاهد برای تنش شوری ۱۴٪ و در تنش خشکی ۶۶٪ کاهش را ثبت نمود. نتایج این بررسی نشان داد که رقم ورامین در تمامی پارامترهای مورد بررسی در شرایط تنش خشکی و شوری عملکرد بهتری را نسبت به دو رقم دیگر دارد.

نحوه استناد به این مقاله:

Seyed Heydarian, S. S., Tavakol Afshari, R., & Izadi Darbandi, E. (2026). The response of germination characteristics and seedling growth of three cotton cultivars to drought and salinity stresses. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 15(1), 21-35. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364549.1513>

مقدمه

پنبه گیاهی دولپه از تیره مالواسه و جنس *Gossypium* می‌باشد. تاکنون حدود ۵۰ گونه از این گیاه شناسایی شده است اما از بین همه‌ی این ارقام تنها ۴ گونه به صورت زراعی در سطح جهان کشت می‌شود که گونه‌های *G. barbadense*، *G. hirsutum* و *G. arboreum* و گونه‌های زراعی تتراپلوئید ($2n=52$) و گونه‌های *G. herbaceum* از *G. herbaceum* دیپلوئید ($2n=26$) هستند (Aghdasi et al., 2012). پنبه بهترین گیاه لیفی و جزو مهم‌ترین دانه‌های روغنی است و حدود ۳۵ درصد از کل الیاف تولید شده در سراسر جهان توسط این گیاه تامین می‌شود (Abdelraheem et al., 2019). با توجه به گرم شدن کره زمین و توسعه اراضی شور و خشک، کشت گیاهان زراعی مانند پنبه که دامنه تحمل بالایی نسبت به شرایط شوری و خشکی دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته است. دولت همواره سعی در حمایت و احیای پنبه به عنوان یک کالای اساسی و با اهمیت در اقتصاد کشور دارد بر همین اساس و بررسی آمارنامه کشاورزی، سطح زیر کشت پنبه در سال زراعی ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۳۹۸ توسعه یافته و از حدود ۹۰ هزار هکتار به ۱۱۸ هزار هکتار رسیده است (Agricultural statistics., 2023; Faghani et al., 2022).

زراعت در اراضی حاصلخیزی پایین که دارای تنش‌های محیطی مانند کم آبی، شوری، دماهای بالا و پایین است با مشکلات فراوانی روبه رو است. این تنش‌ها در اولین مرحله روی جوانه‌زنی و استقرار مناسب بذر و گیاهچه در مزرعه تاثیر گذاشته که در نهایت سبب کاهش عملکرد نهایی چه به لحاظ کمی و چه کیفی می‌شوند (Harris et al., 2000).

همچنین تنش‌های شوری و خشکی از عوامل محدود کننده نمو گیاهان نیز هست و سبب کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود و بررسی گیاهان مختلف به جهت یافتن گونه‌های متحمل در این شرایط بسیار حائز اهمیت است زیرا جمعیت رو به افزایش جهان سبب کاهش منابع آب شیرین و باعث شور شدن زمین‌های زراعی می‌شود (Akbari Moghddam et al., 2011).

جوانه‌زنی اولین مرحله نمو در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد و یک فرآیند بسیار کلیدی در سبز شدن گیاهچه است و این مرحله رشدی به شدت تحت تاثیر عوامل متعدد محیطی مانند

دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (Basra et al., 2004; De Villiers et al., 1994; Seefeldt et al., 2002; Soltani et al., 2006). همچنین می‌توان از جوانه‌زنی در تعیین تراکم بوته در واحد سطح استفاده نمود و زمانی تراکم کافی به دست می‌آید که همه‌ی بذرهای کشت شده با سرعت کافی جوانه بزنند (Goldani & Latifi et al., 2006). سبز شدن یکنواخت به درصد و سرعت جوانه‌زنی بستگی دارد که عواملی مانند عناصر غذایی، شوری، پتانسیل آب، دمای محیط و اثرات متقابل این عوامل می‌تواند بر روی درصد و سرعت جوانه‌زنی تاثیر گذار باشند. در واقع نمک‌های محلول و عدم توازن آن‌ها و همچنین مسمومیت‌های ناشی از این نمک‌ها باعث اختلال در فرآیند جوانه‌زنی بذور و در نهایت سبب کاهش تولید می‌شود (Frncois et al., 2008).

تنش خشکی از جمله عوامل محیطی است که می‌تواند بر روی جوانه‌زنی و استقرار گیاه تاثیر گذار باشد و توانایی یک بذر در جوانه‌زنی در شرایط تنش رطوبتی، سبب استقرار بیشتر گیاه و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردد (Baalbaki et al., 1999). تنش‌های محیطی مانند خشکی بر روی جذب آب توسط بذر تاثیر منفی می‌گذارند و سبب اختلال در مقدار مواد ذخیره ای بذر و ترکیبات ساختاری آن و تولید پروتئین‌ها در جنین در حال رشد می‌گردند (Almansouri et al., 2001; Voigt et al., 2009).

شوری نیز از دیگر عوامل محدود کننده در رشد گیاه است و می‌تواند بر روی تولید محصولات کشاورزی تاثیر گذار باشد. با افزایش شوری عملکرد گیاهان زراعی به طور خطی کاهش می‌یابد و این گیاهان تا حدودی می‌توانند شوری را تحمل کنند که به آن آستانه شوری گفته می‌شود (Soltani et al., 2001). تنش شوری با کاهش پتانسیل آب، نامتعادل ساختن یون‌ها سبب ایجاد سمیت و در نهایت کاهش متابولیسم گیاهی می‌گردد (Munns et al., 2002). در واقع در تنش شوری اکسیژن‌های غیر فعال با سرعت به رادیکال‌های فعال اکسیژن تبدیل می‌شوند که همین مسئله سبب تخریب پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدها و ترکیبات دیگر سلولی می‌گردد و با اختلال در فرآیندهای زیستی فتوسنتز، تثبیت کربن و تثبیت نیتروژن سبب افزایش تنفس

محلول شوری مربوط به هر سطح به پتری‌ها اضافه گردید و بعد از آن همه‌ی پتری‌ها به دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰ درصد انتقال یافتند. به مدت ۱۴ روز شمارش بذور جوانه زده انجام شد و در نهایت صفات مربوط به جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت (ISTA, 2008). مراحل انجام آزمایش دوم شبیه به آزمایش تعیین اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد ۳ رقم پنبه بود، فقط در این آزمایش تنش خشکی در ۳ سطح (صفر، ۰/۴، ۰/۸ مگاپاسگال) به وسیله پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (به ترتیب ۰، ۱۸۲/۱۵۷، ۲۶۶/۵۸۶ گرم پلی اتیلن گلیکول در هزار میلی لیتر آب مقطر) اعمال شد. صفات مورد ارزیابی در هر یک از آزمایشات عبارت بودند از: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقچه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقچه‌چه. پس از پایان دوره آزمایش برای تعیین درصد جوانه‌زنی بذرها، تعداد بذرهایی که جوانه نرمال تولید کرده بودند مورد شمارش قرار گرفتند به این ترتیب که از زمان شروع جوانه‌زنی تا پایان جوانه‌زنی بذره‌های جوانه زده (یعنی خروج ۲ میلی متر ریشه‌چه) هر روز شمارش گردید و تا ۷ روز ادامه داشت. سپس برای همه‌ی گیاهچه‌های نرمال طول ریشه‌چه و ساقچه‌چه با کولیس اندازه‌گیری شد. پس از آن هم برای تعیین وزن تر ریشه‌چه و ساقچه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقچه‌چه، ابتدا ریشه‌چه از ساقچه‌چه جدا گردید و وزن شد و سپس در دستگاه آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۴۸ ساعت قرار داده شد، در پایان نیز وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری گردید.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها ابتدا همه آن‌ها در نرم افزار Excel ثبت شد و سپس تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها آن‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹.۴ انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و همچنین ضرایب همبستگی خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی سه رقم پنبه (May344, Ba440, Varamin) تحت سطوح مختلف تنش شوری (NaCl) و تنش خشکی (پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) در

نوری شده و بر روی عملکرد نهایی محصولات زراعی تاثیر منفی می‌گذارد (Joseph & Jini., 2010).

از گذشته تا کنون پنبه از محصولات مهم استراتژیک و از گیاهان مقاوم به شوری است و هر ساله سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی تحت کشت این گیاه قرار می‌گیرند و استفاده از ارقام مقاوم‌تر می‌تواند در افزایش محصول نهایی تاثیر گذار باشد (Rezaee et al., 2004).

با توجه به اهمیت کشت و کار پنبه در کشور و همچنین به دلیل وجود سطح وسیعی از خاک‌های شور در کشور و کمبود منابع آبی در این تحقیق تعیین خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف پنبه تحت شرایط تنش شوری و خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر اثر تنش‌های شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد سه رقم پنبه مورد ارزیابی قرار گرفت. ارقام مورد استفاده در این آزمایش تولید سال ۱۴۰۱ بودند و از مرکز تحقیقات کرج تهیه شدند. هر یک از آزمایشات به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه موسسه بذر و نهال رضوی به اجرا درآمد. در آزمایش اول تیمارهای آزمایشی شامل فاکتور رقم با ۳ سطح (MAY344, BA440, VARAMIN) بود و فاکتور شوری در چهار سطح (غلظت‌های صفر، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی مولار) اعمال شد. در این آزمایش از کلرید سدیم (NaCl) به عنوان منبع شوری استفاده شد. برای انجام آزمایش، از کاغذ صافی به صورت آردتونی استفاده گردید به این صورت که کاغذها به ابعاد ۱۰ در ۲ سانتی متر برش داده شدند و سپس به صورت آردتونی تازه شدند و بعد از آن، همه‌ی کاغذها درون فویل پیچیده شد و درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی گردید. سپس تعداد ۲۵ عدد بذر ضدعفونی شده با هیپوکلرید سدیم برای هر تکرار شمارش شده و در داخل هر تا از کاغذ صافی ۵ عدد بذر قرار گرفت. سپس کاغذهای صافی درون پتری گذاشته شدند. درون هر پتری هر سه تکرار مربوط به هر تیمار قرار داده شد و مقدار ۶۰ میلی لیتر آب مقطر (در تیمار شاهد) یا

جدول ۱ ارائه شده است.

درصد جوانه‌زنی بیشتری داشت. بین سطوح متفاوت شوری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت و سطوح متفاوت تنش شوری تاثیر متفاوتی بر درصد جوانه‌زنی داشتند. تیمار شاهد بیشترین درصد جوانه‌زنی و تیمار تنش شوری ۱۸۰ میلی مولار کمترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده بود (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی

اختلاف بین ارقام مختلف پنبه برای درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱)، لذا استنباط گردید که بین سه رقم پنبه برای درصد جوانه‌زنی اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. و رقم ورامین نسبت به دو رقم دیگر

جدول ۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه سه رقم پنبه مورد آزمایش تحت تاثیر تنش شوری

Table 1- Variance analysis and mean comparison of the studied indices of three tested cotton cultivars under the influence of salinity stress

تیمارهای آزمایش Experimental treatments	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	میانگین زمان جوانه‌زنی MGT	طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Stem length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر ساقه‌چه Stem fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight
Variety									
May	41.50	3.73	53.57	61.89	117.06	0.368	0.033	0.051	0.0045
Ba	45.58	2.86	39.29	61.71	103.14	0.345	0.030	0.044	0.0036
Varamin	61.16	2.43	68.08	73.06	133.18	0.423	0.052	0.055	0.0046
LSD(0.05)	3.139	0.108	4.606	7.660	11.325	0.030	0.005	0.0039	0.0004
Salinity (Mm)									
Control	90.66	1.68	64.27	82.55	143.16	0.389	0.050	0.045	0.0054
60	46.00	3.14	59.34	71.81	131.35	0.410	0.038	0.051	0.0037
120	38.55	3.18	57.30	63.75	119.22	0.393	0.039	0.049	0.0039
180	22.44	4.05	33.68	44.11	77.46	0.324	0.026	0.055	0.0039
LSD(0.05)	3.625	0.124	5.319	8.845	13.077	0.034	0.005	0.0045	0.0005
Variety× Salinity (Mm)									
M*control	100.00	1.77	74.43	89.80	161.97	0.38	0.043	0.044	0.0064
M*60	28.00	3.58	52.50	66.96	132.70	0.41	0.034	0.052	0.0038
M*120	26.00	4.75	69.01	54.21	119.22	0.38	0.044	0.050	0.0037
M*180	14.00	4.82	18.36	36.60	54.45	0.29	0.011	0.058	0.0040
B*control	97.33	1.75	50.45	77.35	122.54	0.35	0.041	0.038	0.0047
B*60	48.00	3.10	49.14	65.61	127.85	0.39	0.030	0.046	0.0034
B*120	27.66	2.22	38.96	65.02	100.49	0.37	0.029	0.044	0.0028
B*180	11.33	4.40	18.62	38.87	61.70	0.25	0.020	0.049	0.0035
V*control	74.66	1.50	67.94	80.50	144.98	0.43	0.066	0.052	0.0050
V*60	66.00	2.72	76.39	82.85	133.49	0.42	0.050	0.055	0.0040
V*120	62.00	2.58	63.94	72.02	138.05	0.41	0.046	0.053	0.0052
V*180	42.00	2.92	64.06	56.87	116.22	0.42	0.047	0.059	0.0043
LSD(0.05)	6.279	0.216	9.212	15.320	22.650	0.060	0.010	0.007	0.0009
Variety	1292**	5.24**	2486**	507.23 ^{ns}	2712**	0.019**	0.0017**	0.0003**	0.000003**
Salinity	7676**	8.73**	1672**	2373**	7367**	0.012**	0.0008**	0.0001**	0.000005**
Variety× Salinity(Mm)	864.43**	1.32**	496.55**	168.66 ^{ns}	989.15*	0.0034*	0.0001**	0.000009 ^{ns}	0.000001**

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد - * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد - ns غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

*, ** and ns denote significant differences at 0.05, 0.01 % levels, and not significant respectively

اثر متقابل رقم و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد برای صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد و بیشترین کاهش در درصد جوانه‌زنی برای رقم MAY344 و BA440 و کمترین آن نیز برای ورامین به دست آمد که به ترتیب ۱۰۰٪ و ۸۰٪ بود (جدول ۳). در آزمایشی گزارش شده بود که در ارقام مختلف گندم با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و بین ارقام از این نظر تفاوت‌هایی وجود دارد (Baalbaki et al., 1990). در غلظت‌های بالای پلی اتیلن گلايکول عموماً هیچ بذری قادر به جوانه‌زنی نیست اما در شرایط تنش شوری ممکن است جوانه‌زنی اتفاق بیفتد (Kaya et al., 2006). در تحقیق دیگری هم که بر روی کنجد انجام گرفت همین نتایج به دست آمد و تنش خشکی نسبت به شوری اثر بازدارندگی بارزتری بر جوانه‌زنی کنجد و رشد اولیه گیاهچه آن داشت (El Harfi et al., 2016).

تفاوت ارقام در مواجه شدن با تنش خشکی را می‌توان به عوامل مختلف نسب داد که یکی از آن‌ها کاهش بیشتر جذب آب در ارقام حساس می‌باشد (Kiani et al., 1999). در این آزمایش نیز به واسطه مقاومت احتمالی بیشتر رقم ورامین نسبت به دو رقم دیگر میزان جذب آب در آن بیشتر و در نتیجه درصد جوانه‌زنی هم بالاتر بوده است.

متوسط زمان جوانه‌زنی

بین ارقام مختلف پنبه مورد بررسی در این مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد برای متوسط زمان جوانه‌زنی وجود داشت (جدول ۱) رقم ورامین نسبت به دو رقم دیگر سرعت جوانه‌زنی بیشتری داشت (جدول ۱). سطوح مختلف تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). تیمار شاهد بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تنش شوری ۱۸۰ میلی مولار کمترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). برای انجام فعالیت‌های حیاتی بذر و جوانه‌زنی باید آب به مقدار کافی توسط بذر جذب گردد و اگر جذب آب دچار اختلال شود و به کندی انجام گیرد، فعالیت‌های حیاتی بذر نیز به آرامی صورت می‌پذیرد و همین مسئله مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر را افزایش می‌دهد

(Hatami & Ghalesh (1999) در مطالعه‌ای عنوان کردند که تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و در نهایت تغییر در تعادل عناصر غذایی جوانه‌زنی گیاه را کاهش می‌دهد. همین نتایج در بررسی ارقام پنبه نیز به دست آمد و با افزایش تنش شوری درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت. برهمکنش رقم و تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۰۰) در تیمار عدم تنش (شاهد) برای رقم MAY344 به دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار تنش ۱۸۰ میلی مولار برای رقم BA440 گزارش شد (جدول ۱). در تحقیقی که بر روی ارقام مختلف بادام زمینی انجام گرفت نشان داد با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (Afshar Mohammadian et al., 2015). همچنین در پژوهشی که بر روی گوجه فرنگی انجام گرفت نتایج نشان داد با افزایش شوری به ویژه در غلظت‌های ۱۰ و ۱۲ میلی مولار، درصد و سرعت جوانه‌زنی به صورت معنی‌داری کاهش یافت (Mokhtari et al., 2022).

در بررسی تاثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های سه رقم پنبه نشان داد تاثیر تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۳). تمامی غلظت‌های پلی اتیلن گلايکول با تیمار شاهد در این آزمایش از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۳) در مقایسه ارقام مورد بررسی مشخص شد بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به رقم ورامین و کمترین آن نیز مربوط به BA440 بود و سطوح متفاوت تنش اسمزی نیز تاثیر متفاوتی بر درصد جوانه‌زنی داشتند. تیمار شاهد بیشترین و تیمار تنش اسمزی ۸/۰ مگا پاسگال کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بود (جدول ۳) در مطالعه‌ای که (Fakheri et al. (2001) بر روی تاثیر تنش خشکی بر رازایانه و زینان انجام دادند بیان داشتند که با افزایش پتانسیل اسمزی یا منفی تر شدن آن درصد جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد. جوانه‌زنی فرآیندی شامل مراحل متابولیک هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای و ساخته شدن بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده است و تنش خشکی یا اسمزی تاثیر منفی بر روی فرآیندهای متابولیتی می‌گذارد و سبب کاهش آن و در نهایت کاهش درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Fakheri et al., 2017).

بررسی تاثیر شوری بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ دست (Hatami & Ghaleshi et al., 1999). پناهی و همکاران نیز با یافت که با افزایش شدت تنش شاخص سرعت جوانه‌زنی به طول معنی‌داری کاهش می‌یابد (Panahi et al., 2012).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک ارقام پنبه در شرایط تنش شوری

Table 2-Correlation coefficients between morphological traits of cotton cultivars under salinity stress conditions

درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Stem length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر ساقه‌چه Stem fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight
درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	1							
متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	-0.824**	1						
طول ریشه‌چه Root Length	0.626**	-0.501**	1					
طول ساقه‌چه Stem length	0.797**	-0.780**	0.721**	1				
طول گیاهچه Seedling length	0.703**	-0.651**	0.848**	0.859**	1			
وزن تر ساقه‌چه Stem fresh weight	0.374*	-0.471**	0.758**	0.670**	0.787**	1		
وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	0.600**	-0.598**	0.832**	0.626**	0.752**	0.712**	1	
وزن خشک ساقه‌چه Stem dry length	-0.373*	0.352*	0.016 ^{ns}	-0.278 ^{ns}	-0.173 ^{ns}	0.200 ^{ns}	0.012 ^{ns}	1
وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight	0.709**	-0.481**	0.487**	0.496**	0.533**	0.223 ^{ns}	0.437**	-0.012 ^{ns}

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد - * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد - ^{ns} غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

*, ** and ns denote significant differences at 0.05, 0.01 % levels, and not significant respectively.

بهترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم ورامین و در شرایط بدون تنش بود که ۱/۷۹ به دست آمد و پایین ترین سرعت جوانه‌زنی نیز مربوط به همین رقم و در شرایط تنش خشکی ۰/۸ مگاپاسگال بود (جدول ۳).

سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام می‌باشد، و یک رقم با سرعت جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش خشکی امکان سبز شدن سریع تری را نسبت به ارقام دیگر دارد. و اینگونه به نظر می‌رسد که سرعت بیشتر در جذب آب و آماس بذر در برخی ژنوتیپ‌ها دلیل بیشتر بودن سرعت جوانه‌زنی در آنها می‌باشد (Marchner., 1995). در واقع با

اثر متقابل رقم و تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و بالاترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم ورامین در شاهد به دست آمد (جدول ۱). بررسی اثر شوری بر روی سرعت جوانه‌زنی نیز در بسیاری از گیاهان زراعی نشان داده است که با افزایش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Afshar Mohammadian et al., 2015).

در بررسی سرعت جوانه‌زنی در تنش خشکی برای سه رقم پنبه مورد آزمایش بین ارقام در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بهترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم ورامین بود (جدول ۳) در برهمکنش رقم و تنش خشکی نیز

اختلال در جذب آب توسط بذر، آب به آرامی وارد بذر می شود و فعالیت های متابولیکی نیز به آرامی صورت می گیرد که نتیجه آن افزایش مدت زمان خروج ریشه چه از بذر می باشد بنابراین سرعت جوانه زنی کاهش می یابد (Kafi et al., 2005). در سطوح بالایی تنش خشکی، تخریب ساختمان سه بعدی آنزیم ها اتفاق می افتد و آسیب های ناشی از آن از جمله دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه زنی است (Bradford et al., 1995).

جدول ۳- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص های مورد مطالعه سه رقم پنبه مورد آزمایش تحت تاثیر تنش خشکی

Table 3- Variance analysis and mean comparison of the studied indices of three tested cotton cultivars under the influence of drought stress

تیمارهای آزمایش Experimental treatments	درصد جوانه زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه زنی MGT	طول ریشه چه Root Length	طول ساقه چه Stem length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر ساقه چه Stem fresh weight	وزن تر ریشه چه Root fresh weight	وزن خشک ساقه چه Stem dry length	وزن خشک ریشه چه Root dry Weight
Variety									
May	22.78	1.90	23.18	23.77	46.61	0.16	0.007	0.035	0.0027
Ba	18.89	2.01	17.82	23.29	41.11	0.14	0.008	0.034	0.0028
Varamin	43.55	3.18	41.24	32.84	73.09	0.21	0.019	0.050	0.0033
LSD(0.05)	3.447	0.174	3.370	2.165	3.825	0.006	0.0011	0.0021	0.0003
Drought(Mm)									
Control	51.22	2.25	35.48	55.32	90.46	0.32	0.023	0.048	0.0046
0.4	29.44	3.37	36.56	21.02	57.58	0.17	0.010	0.062	0.0038
0.8	4.55	1.47	10.21	3.55	12.77	0.02	0.0008	0.009	0.0005
LSD(0.05)	3.447	0.174	3.370	2.165	3.825	0.006	0.0011	0.0021	0.0003
Variety× Drought(MPa)									
M*control	49.00	2.35	35.12	46.73	80.84	0.27	0.010	0.046	0.00463
M*0.4	19.33	3.34	34.42	24.55	58.97	0.20	0.011	0.061	0.00373
M*0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B*control	38.00	2.60	24.41	50.81	75.23	0.27	0.015	0.045	0.00433
B*0.4	18.66	3.43	29.06	19.05	48.11	0.14	0.009	0.060	0.00410
B*0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V*control	66.66	1.79	46.89	68.41	115.31	0.40	0.044	0.055	0.00483
V*0.4	50.33	3.33	46.19	19.45	65.65	0.16	0.010	0.067	0.00356
V*0.8	13.66	4.42	30.64	10.66	38.31	0.050	0.002	0.027	0.00160
LSD(0.05)	5.970	0.302	5.837	3.751	6.625	0.0117	0.002	0.004	0.0006
Variety	1582**	4.56**	1355**	260.97**	2630**	0.011**	0.00037**	0.00063**	0.000008**
Drought	4907**	8.16**	2000**	6242**	13688**	0.203**	0.00113**	0.00695**	0.000041**
Variety× Drought(Mm)	106.70**	7.78**	96.81**	139.61**	242.30**	0.006**	0.00031**	0.00011**	0.000001**

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد - * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد - ns غیر معنی داری را نشان می دهد.

*, ** and ns denote significant differences at 0.05, 0.01 % levels, and not significant respectively.

طول ریشه چه

رقم و رامن نسبت به دو رقم دیگر طول ریشه چه بیشتری داشت و اختلاف بین طول ریشه چه آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱). سطوح مختلف تنش شوری نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر طول ریشه چه اثر معنی داری داشتند (جدول ۱). سطوح شاهد و ۱۸۰ میلی مولار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول ریشه چه بودند (جدول ۱). مطالعات نشان داده است که تنش شوری با تاثیر بر رشد ریشه و کاهش آن، ظرفیت جذب آب و عناصر غذایی را کاهش می‌دهد (Jamil et al., 2006).

اثر متقابل رقم و تنش شوری معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین طول ریشه چه به ترتیب در سطح شاهد و ۱۸۰ میلی مولار برای رقم مای به دست آمد (جدول ۱). افشار محمدیان و همکاران گزارش کردند که با افزایش غلظت شوری در بادام زمینی، در همه ارقام مورد بررسی از مقدار طول ریشه چه کاسته شده است (Afshar Mohammadian et al., 2008).

همچنین نور و همکاران در بررسی تنش شوری یازده رقم پنبه عنوان کردند که طول ریشه چه، تاثیر پذیری بیشتری را نسبت به طول ساقه چه به تنش شوری دارد و نتیجه گرفتند که ریشه چه حساس ترین قسمت گیاه، نسبت به این تنش است (Noor et al., 2001).

همانطور که گفته شد ارقام علاوه بر تنش شوری تحت شرایط تنش خشکی نیز قرار گرفتند و اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد در طول ریشه چه وجود داشت و رقم و رامن بیشترین طول و رقم BA440 کمترین میزان طول ریشه چه را تولید کرده بودند. در سطوح مختلف تنش خشکی، سطح ۰/۴ مگا پاسگال بیشترین طول ریشه چه و سطح ۰/۸ کمترین مقدار را دارا بود (جدول ۳). اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی گیاه کلزا نشان داد که خشکی سبب کاهش مقدار پتانسیل آب برگ، ارتفاع گیاه و همچنین وزن خشک قسمت‌های هوایی کلزا می‌گردد (Shaabani et al., 2009). در تحقیقی که بر روی جوانه‌زنی گندم و جو صورت گرفت مشخص شد غلظت‌های مختلف پلی اتیلن گلاپکول بر روی جوانه‌زنی آن‌ها تاثیر می‌گذارد و با کاهش پتانسیل آب ابتدا طول ریشه چه افزایش و

بعد از آن کاهش می‌یابد (Al-Karaki, 1998).

اثر متقابل رقم و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد و از لحاظ طول ریشه چه رقم و رامن در شاهد دارای بیشترین مقدار این شاخص و دو رقم دیگر نیز دارای پایین‌ترین طول ریشه چه در ۰/۸ مگا پاسگال بودند (جدول ۳). Barzegar & Rahmani (2004) گزارش کردند در گیاه دارویی زوفا طول ریشه چه با افزایش تنش خشکی کاهش معنی داری داشت به طوری که طول آن از ۴۰/۳ میلی متر در تیمار شاهد به ۵ میلی متر در تیمار ۶- بار کاهش یافت.

طول ساقه چه

بین ارقام مختلف پنبه از نظر طول ساقه چه اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۱). اما با این حال بیشترین طول ساقه چه مربوط به رقم و رامن بود (جدول ۱). سطوح مختلف تنش شوری بر روی طول ساقه چه اثر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱). بیشترین و کمترین طول ساقه چه مربوط به سطوح شاهد و ۱۸۰ میلی مولار بود (جدول ۱). از آنجایی که با افزایش شوری و کاهش رشد ریشه چه، رشد ساقه چه ناقص می‌شود، در نتیجه طول ساقه چه کاهش می‌یابد زیرا رشد اندام‌های ریشه چه و ساقه چه وابسته به یکدیگر است و کاهش رشد در هر یک از اندام‌ها دیگری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. جذب آب و آماس بذر، اولین فرآیند جوانه‌زنی بذور و تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها نیز آخرین مرحله آن است که نتیجه آن خروج ریشه چه و ساقه چه از بذر می‌باشد (Fakheri et al., 2017). اثر متقابل رقم و تنش شوری معنی دار نبود اما با این حال بیشترین طول ساقه چه مربوط به رقم مای در سطح بدون تنش و کمترین مقدار نیز مربوط به همین رقم برای سطح تنش ۱۸۰ میلی مولار به دست آمد (جدول ۱).

اما در تنش خشکی بین ارقام مختلف پنبه از لحاظ طول ساقه چه اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۳). این اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد در ارقام، تنش خشکی و اثر مقابل رقم در تنش نیز مشاهده شد. و در این بررسی برای طول ساقه چه رقم و رامن بهترین عملکرد را داشت (جدول ۳). از لحاظ سطوح خشکی بیشترین مقدار مربوط به سطح

تنش خشکی نیز علاوه بر شاخص‌های گفته شده سرعت جوانه‌زنی با وزن تر ریشه‌چه و وزن تر ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴).

در رابطه اثر تنش خشکی و تاثیر آن بر روی وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه سه رقم مورد بررسی نتایج نشان داد که رقم ورامین بهترین عملکرد را داشته است و بیشترین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه مربوط به همین رقم با معنی‌داری در سطح ۱ درصد بود (جدول ۳). همچنین سطوح شوری برای وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۳). برهمکنش رقم و تنش شوری نیز نشان داد رقم ورامین بهترین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه را در شرایط بدون تنش به خود اختصاص داده است و رقم مای و بی‌ای بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته اند (جدول ۳).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

در بررسی وزن خشک ساقه‌چه مشخص شد این پارامتر در بین ارقام مختلف متفاوت است و سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. رقم ورامین بیشترین وزن خشک ساقه‌چه را نسبت به دو رقم دیگر ثبت کرد (جدول ۱) در سطوح مختلف شوری نیز بیشترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به شاهد و کمترین آن نیز مربوط به شوری ۱۸۰ میلی مولار بود (جدول ۱).

اثر متقابل رقم و تنش شوری نیز برای وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار نشد (جدول ۱) بیشترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به رقم ورامین و در شوری ۱۸۰ میلی مولار و کمترین نیز مربوط به رقم BA440 در حالت بدون تنش بود (جدول ۱). در مطالعه ای که فتحی سعدآبادی و همکاران بر روی ژنوتیپ‌های مختلف پنبه انجام دادند عنوان کردند که با افزایش شدت شوری طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد که به تبع آن وزن خشک ساقه‌چه نیز کاهش معنی‌داری خواهد داشت (Fathi Sadabadi et al., 2017). وزن خشک ساقه‌چه در بین شاخص‌های مورد بررسی تنها با سرعت جوانه‌زنی همبستگی مثبت و با درصد جوانه‌زنی همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۲).

شاهد و ۵۵/۳۲ سانتی متر و کمترین مقدار طول ساقه‌چه مربوط به سطح ۰/۸ مگاپاسگال و ۳/۵۵ سانتی متر بود (جدول ۳).

در برهمکنش این دو عامل نیز رقم ورامین نسبت به ارقام دیگر برتری داشت و بالاترین طول ساقه‌چه را در شرایط بدون تنش ثبت کرد (جدول ۳). از جمله عوامل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش مواد غذایی لپه و یا عدم انتقال مواد غذایی از این بخش به جنین عنوان شده است (Takil., 2000). در زمان تنش خشکی تقسیم سلولی کاهش یافته و رشد گیاهچه ناقص می‌شود و این به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی اطراف بذر می‌باشد و در این شرایط رشد ساقه‌چه بیشتر از ریشه‌چه تحت تاثیر قرار می‌گیرد زیرا فرآیند رشد و نمو ریشه‌چه زودتر آغاز می‌گردد و کمبود آب کمتر این بخش را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mudaris & Jutzi, 1999).

در تحقیقی که بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نخود انجام شد نتایج نشان داد که تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول کمتر در رشد گیاهچه تاثیر گذار است و در شرایط تنش خشکی شاخص‌هایی مانند طول ساقه‌چه کاهش بیشتری داشتند (Okçu et al., 2005).

وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه

اثر تنش شوری بر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام مختلف معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری از صفر به ۱۸۰ میلی مولار کاهش چشمگیری در این پارامتر مشاهده شد. در بین سه رقم بالاترین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه مربوط به رقم ورامین بود که نشان دهنده متحمل بودن این رقم به چنین شرایطی است (جدول ۱). با بررسی اثر متقابل رقم و تنش شوری مشخص شد بهترین رقم برای وزن خشک ساقه‌چه ورامین در حالت شاهد و ضعیف‌ترین نیز رقم بی‌ای در سطح شوری ۱۸۰ میلی مولار بود همچنین برای وزن تر ریشه‌چه نیز بهترین عملکرد برای رقم ورامین در سطح صفر و پایین‌ترین وزن تر نیز برای رقم مای در سطح شوری ۱۸۰ میلی مولار به دست آمد (جدول ۱). با افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در تنش شوری افزایش می‌یابد (جدول ۲). در

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک در ارقام پنبه در شرایط تنش خشکی

Table 4- Correlation coefficient between morphological traits in cotton cultivars under drought stress conditions

	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Stem length	طول گیاهچه Seedling length	وزن تر ساقه‌چه Stem fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Stem dry length	وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight
درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	1								
متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	0.286 ^{ns}	1							
طول ریشه‌چه Root Length	0.812**	0.708**	1						
طول ساقه‌چه Stem length	0.864**	0.197 ^{ns}	0.640**	1					
طول گیاهچه Seedling length	0.928**	0.441*	0.868**	0.934**	1				
وزن تر ساقه‌چه Stem fresh weight	0.895**	0.261 ^{ns}	0.739**	0.974**	0.968**	1			
وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	0.792**	0.093 ^{ns}	0.635**	0.865**	0.851**	0.880**	1		
وزن خشک ساقه‌چه Stem dry length	0.702**	0.702**	0.882**	0.577**	0.780**	0.706**	0.537**	1	
وزن خشک ریشه‌چه Root dry Weight	0.806**	0.538**	0.825**	0.829**	0.914**	0.893**	0.677**	0.883**	1

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد - * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد - ns غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

*, ** and ns denote significant differences at 0.05, 0.01 % levels, and not significant respectively.

جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت (Hassani, 2005).

واکنش ارقام مختلف پنبه به شوری در رابطه با تغییرات رشد و وزن خشک ریشه‌چه از نظر آماری معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). به طوری که رقم ورامین دارای بالاترین وزن خشک ریشه‌چه و رقم BA440 دارای کمترین وزن خشک ریشه‌چه بود (جدول ۱). در بررسی سطوح مختلف شوری نیز نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به شاهد و سطح شوری ۶۰ میلی مولار بود (جدول ۱). همچنین اثر متقابل رقم و شوری نیز برای وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و رقم MAY344 و BA440 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه‌چه در شاهد و ۱۲۰ میلی مولار بودند (جدول ۱).

در بررسی اثر متقابل تنش خشکی بر روی ارقام پنبه نیز نتایج

در رابطه با تنش خشکی نتایج بیانگر معنی‌دار بودن اثر متقابل تنش خشکی و ارقام پنبه بر وزن خشک ساقه‌چه بود (جدول ۳). به طوری که بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه‌چه به ترتیب متعلق به ارقام ورامین و BA 440 بود و بالاترین وزن خشک ساقه‌چه نیز در شرایط شاهد که تنش بر روی بذر اعمال نشده بود به دست آمد (جدول ۳) پتانسیل‌های اسمزی بالاتر باعث سنتز ترکیباتی با وزن مولکولی پایین مانند پرولین می‌گردد و از سنتز ترکیبات با وزن مولکولی بالا مانند پروتئین‌ها کم می‌کند. در نتیجه با کاهش سنتز پروتئین‌ها و افزایش سنتز پرولین وزن تر و خشک گیاهچه کاهش می‌یابد (Fakheri et al., 2017). در بررسی اثر متقابل رقم و تنش خشکی مشخص شده رقم ورامین در وزن خشک ساقه‌چه بهترین عملکرد را داشته و بالاترین اعداد برای این رقم به ثبت رسیده است (جدول ۳). در آزمایشی که بر روی گیاه ریحان انجام گرفت نتایج نشان داد با کاهش پتانسیل آب، سرعت و درصد

برای بهبود مشکلات شوری و خشکی در کشاورزی استفاده نمود. با بررسی مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه سه رقم پنبه مورد ارزیابی، مشخص شد رقم ورامین نسبت به تنش شوری و خشکی مقاوم است زیرا تنش‌ها تاثیر کمتری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه این رقم داشتند. با افزایش شدت تنش خشکی و شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طور کلی ارقام پنبه به تنش خشکی (پتانسیل اسمزی) حساسیت بیشتری نسبت به تنش شوری داشتند.

سیاسگزاری

نویسندگان مقاله از موسسه بذر و نهال رضوی برای حمایت مالی این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

Reference

- Abdelraheem, A., Esmacili, N., O'Connell, M., & Zhang, J. (2019). Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. *Industrial Crops and Products*, 130, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.070>
- Afshar Mohammadian, M., Ebrahimi Nokandeh, S., Damsi, B., & Jamal Omid, M. (2015). The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of four cultivars of *Arachis hypogaea* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(1), 23–33.
- Aghdasi, M., Kaheh, B., & Bagherieh-Najjar, M. B. (2012). Physiological and molecular studies of salinity resistance in diploid and tetraploid cotton cultivars. *Iranian Journal of Plant Biology*, 4(13), 13–28.
- Iran's Ministry of Agriculture, Department of Planning and Economy. (2023). *Agricultural statistics 2023* (In Persian).
- Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., & Panjehkeh, N. (2011). Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences*, 9(1), 43–50.

به دست آمده به روشنی معلوم می‌سازد که رقمی چون ورامین که از کمترین میزان کاهش در طول ریشه‌چه برخوردار بود، کمترین کاهش در وزن خشک ریشه‌چه را نشان داد و ارقام دیگر در شرایط مشابه وزن‌های پایین تری را دارا بودند (جدول ۳). تحرک کم مواد غذایی و در نتیجه انتقال کمتر آن‌ها از لپه‌ها به محور جنینی، ممکن است یکی از دلایل کاهش وزن خشک ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین باشد. همچنین عواملی که بر روی سرعت رشد محور جنینی تاثیر می‌گذارند، می‌توانند بر روی تحرک مواد غذایی و انتقال آن‌ها از لپه‌ها به محور جنینی نیز تاثیرگذار باشند (Singh et al., 1993). از طرفی همانطور که پیش تر گفته شد یک رابطه مستقیم بین میزان تجمع ماده خشک و رشد ساقه‌چه در گیاهان متحمل به شرایط تنش وجود دارد (Nagashiro et al., 1995).

بالاترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به شرایط کنترل و کمترین آن نیز مربوط به تنش خشکی ۰/۸ مگاپاسگال بود. معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد برای رقم، تنش خشکی و برهمکنش رقم و تنش خشکی در وزن خشک ریشه‌چه به دست آمد (جدول ۳)

Gholipor et al. (2021) نیز در بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی چغندر وحشی و چغندر قند نشان دادند که که تنش‌ها بر روی شاخص وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند. در شرایط تنش خشکی وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با هم‌هی شاخص‌های مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان عنوان کرد که رقم ورامین، رقمی مقاوم نسبت به شرایط تنش‌های خشکی و شوری است و عملکرد بهتری را در این شرایط نسبت به ارقام MAY344 و BA444 به ثبت رساند. انتخاب بهترین رقم متحمل به شوری و خشکی یک راه حل آسان و کم‌خطر است که می‌توان از آن

- Al-Karaki, G. N. (1998). Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181(4), 229–235. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1998.tb00422.x>
- Almansouri, M., Kinet, J. M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231(2), 243–254. <https://doi.org/10.1023/A:1010378409663>
- Al-Mudaris, M. A., & Jutzi, S. C. (1999). The influence of fertilizer-based seed priming treatments on emergence and seedling growth of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* in pot trials under greenhouse conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182(2), 135–142. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.1999.00293.x>
- Baalbaki, R. Z., Zurayk, R. A., Blelk, M. M., & Tahouk, S. N. (1999). Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Science and Technology*, 27, 291–302.
- Barzegar, A., & Rahmani, M. (2004). The effects of environmental stresses on germination stimulation of *Hyssopus officinalis*. In *Proceedings of the Second Conference on Herbal Plants* (p. 67). Shahed University
- Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., & Ahmad, R. (2004). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. *Seed Science and Technology*, 32(3), 765–774. <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.3.12>
- Bradford, K. J. (1995). Water relations in seed germination. In J. Kigel & G. Galili (Eds.), *Seed development and germination* (pp. 351–396). Marcel Dekker.
- De Villiers, A. J., Van Rooyen, M. W., Theron, G. K., & Van De Venter, H. A. (1994). Germination of three Namaqualand pioneer species as influenced by salinity, temperature, and light. *Seed Science and Technology*, 22(3), 427–433
- El Harfi, M., Hanine, H., Rizki, H., Latrache, H., & Nabloussi, A. (2016). Effect of drought and salt stresses on germination and early seedling growth of different color-seeds of sesame (*Sesamum indicum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 18(6), 1088–1094. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0145>
- Faghani, E., Moghiseh, E., Dodangi, S., & Safarnezhad, A. (2022). The study of physiological, biochemical and yield of different cotton genotypes under salinity stress [Article in Persian]. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.22092/ijcr.2023.354666.1167>
- Fakheri, B. A., Mousavi Nick, S. M., & Mohammadpour Vashvaei, R. (2017). Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on germination and morphological properties of fennel and ajowan [Article in Persian]. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1), 35–50. <https://doi.org/10.22034/csrar.01.01.04>
- Fathi Sadabadi, M., Ranjbar, G. A., Zangi, M. R., Kazemi Tabar, S. K., & Najafi Zarini, H. (2017). Evaluation of salt tolerance in early genotypes of cotton (*Gossypium hirsutum*) at the seedling stage. *Journal of Crop Breeding*, 9(22), 109–116. <https://doi.org/10.29252/jcb.9.22.109>
- Gholipor, B., Mozaffari, A., Maleki, A., Mirzaei Heydari, M., & Babai, F. (2021). Determination of the effect of drought and salinity stress on germination and seedling characteristics of sea beet (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*) in comparison with sugar beet (*Beta vulgaris*). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10(3), 57–74. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/ijss.2020.125547.1263>
- Goldani, M., & Latifi, N. (2006). Effect of salinity on germination and seedling growth of three cultivars of wheat. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 2, 47–52.
- Harris, D., Tripathi, R. S., & Joshi, A. (2002). On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice. In *Direct seeding: Research strategies and opportunities* (pp. 231–240). International Rice Research Institute
- Hassani, A. (2005). Polyethylene glycol induced water stress on basil seed. *Quarterly Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran*, 4(21), 535–544.
- Hatami, H., & Ghaleshi, S. (1999). Effect of salinity levels on germination of wheat. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 6(1&2), 31–35.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2008). *Handbook of vigor test methods* (2nd ed.). International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Jamil, M., Lee, D. B. J., Jung, K. Y., Ashraf, M., Lee, S. C., & Rha, E. S. (2006). Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2), 273–282..
- Joseph, B., & Jini, D. (2010). Insight into the role of antioxidant enzymes for salt tolerance in plants. *International Journal of Botany*, 6(4), 456–464. <https://doi.org/10.3923/ijb.2010.456.464>
- Kafi, M., Nezami, A. H. M., Hoseyni, H., & Masoumi, A. (2005). Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(1), 69–80 .

- Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Cıkh, Y., & Kolsarıcı, Ö. (2006).** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(4), 291–295. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001>
- Kiani, M., Bagheri, A. R., & Nezami, A. (1999).** Response of lentil genotypes to drought stress induced by PEG 6000 at germination stage. *Journal of Agricultural Science and Industries*, 12(1), 39–43.
- Marschner, H. (1995).** *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press.
- Mokhtari, I., Abrishamchi, P., & Ganjali, A. (2008).** The effects of calcium on amelioration of injuries from salt stress on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.).
- Munns, R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 239–250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Nagashiro, C. W., & Shibata, F. (1995).** Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phasey bean (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.). *Japanese Journal of Grassland Science*, 41(3), 218–225. <https://doi.org/10.14941/grass.41.218>
- Noor, E. T. R. A. T., Azhar, F. M., & Khan, A. L. (2001).** Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(4), 345–347.
- Okçu, G., Kaya, M. D., & Atak, M. (2005).** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(4), 237–242.
- Panahi, M., Akbari, G. H., Rostakhiz, J., & Golbashi, M. (2012).** The response of safflower genotypes to salinity stress from aspects related to germination and early seedling growth. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 1(2), 212–222. (In Persian)
- Rezaei, M. A., Khavari-Nejad, R., & Fahimi, H. A. M. (2004).** Physiological response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants to soil salinity.
- Seefeldt, S. S., Kidwell, K. K., & Waller, J. E. (2002).** Base growth temperatures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. *Field Crops Research*, 75(1), 47–52. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00007-2)
- Shabani, A., Haghghi, A. K., Sepaskhah, A. R., Emam, Y., & Honar, T. (2009).** Effect of water stress on physiological parameters of oil seed rape (*Brassica napus*). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(49B), 31–43.
- Singh, K. B., & Saxena, M. C. (1993).** *Breeding for stress tolerance in cool-season food legumes*. The Hague, The Netherlands: Martinus Nijhoff/Junk
- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N. (2002).** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30(1), 51–60.
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S., & Latifi, N. (2006).** Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. *Seed Science and Technology*, 29, 653–662.
- Takele, A. (2000).** Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. *Acta Agronomica Hungarica*, 48(1), 95–102. <https://doi.org/10.1556/AAgr.48.2000.1.10>
- Voigt, E. L., Almeida, T. D., Chagas, R. M., Ponte, L. F. A., Viégas, R. A., & Silveira, J. A. G. (2009).** Source–sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. *Journal of Plant Physiology*, 166(1), 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.02.008>