



Exploring the Impact of Salinity Stress on Germination and Growth Parameters of Sunn Hemp Seeds (*Crotalaria juncea*)

Fatemeh Ahmadnia^{1*} , Ali Ebadi²

¹ PhD student plant physiology, Department of Production engineering and plant genetics, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: f.ahmadnia@uma.ac.ir

² Professor, Department of Production engineering and plant genetics, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: ebadi@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-1-6
Revised: 2024-9-1
Accepted: 2024-11-7

Keywords:
Germination indicators
Osmotic potential
Seed
Sodium chloride
Stress

ABSTRACT

Seed germination is a critical stage in the life cycle of plants and can be influenced by various environmental stresses. Salinity stress is known as one of the most important challenges of agricultural systems, which as a result of human activities and climate changes continuously affects agricultural production. In 2023, a research study was conducted at the Seed Technology Laboratory of the Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, to investigate the impact of salinity stress on the germination and growth parameters of sunn hemp seeds (*Crotalaria juncea*). The study employed a randomized complete design (RCD) with three replications. Salinity stress was induced using sodium chloride (NaCl) to prepare six osmotic potentials, zero, -0.2, -0.4, -0.8, -1.2, and -2 MPa, as determined by the Van't Hoff equation. The findings revealed significant reductions in germination percentage, germination rate, mean time of germination, mean rate of germination, coefficient of velocity of germination, germination index, radicle length, plumule length, and seedling fresh weight as the salinity osmotic potentials became more negative. Notably, at osmotic potentials of -2 and -1.2 MPa, seed germination percentages dropped to 100% and 43% respectively. These results demonstrate that sunn hemp seeds can tolerate salinity stress up to an osmotic potential of -0.4 MPa. However, as the salinity osmotic potential increases beyond this threshold (-0.4 MPa), their ability to germinate and survive diminishes.

Cite this article: Ahmadnia, F., Ebadi, A. (2023). Exploring the Impact of Salinity Stress on Germination and Growth Parameters of Sunn Hemp Seeds (*Crotalaria juncea*). *Seed Research*, 13 (3), 52-66.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

بررسی تأثیر تنش شوری بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی بذر سان‌همپ (*Crotalaria juncea*)

فاطمه احمدنیا^{۱*}، علی عبادی^۲

^۱ دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه:

f.ahmadnia@uma.ac.ir

^۲ استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، رایانامه:

ebadi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی	جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل مهم چرخه زیستی گیاهان است که می‌تواند تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار گیرد. تنش شوری به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های سیستم‌های کشاورزی شناخته می‌شود که در نتیجه فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی پیوسته بر تولیدات کشاورزی تأثیرگذار است. در سال ۱۴۰۲ پژوهشی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشدی سان‌همپ (<i>Crotalaria juncea</i>) اجرا شد. این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی (RCD) با سه تکرار اجرا شد. تنش شوری با استفاده از کلرید سدیم (NaCl) برای تهیه شش پتانسیل اسمزی صفر، -۰/۲، -۰/۴، -۰/۸، -۱/۲ و -۲- مگاپاسکال، توسط معادله وانت هوف محاسبه و اجرا شد. نتایج نشان داد که با تشدید تنش شوری، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، طول ریشه چه، طول ساقچه چه و وزن تر گیاهچه کاهش معنی‌داری داشت. قابل ذکر است که در پتانسیل اسمزی -۲ و -۱/۲- مگاپاسکال، درصد جوانه‌زنی بذر به ترتیب به ۱۰۰ و ۴۳ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان داد که بذر سان‌همپ می‌تواند تنش شوری را تا پتانسیل اسمزی -۰/۴- مگاپاسکال تحمل کنند. با این حال، با افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از شوری فراتر از این آستانه (-۰/۴- مگاپاسکال)، توانایی آن‌ها برای جوانه زدن و بقاء کاهش یافت.
واژه‌های کلیدی: بذر پتانسیل اسمزی تنش سان‌همپ شاخص‌های جوانه‌زنی	

ا ستناد: احمدنیا، فاطمه؛ عبادی، علی. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تنش شوری بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی بذر سان‌همپ

(*Crotalaria juncea*). تحقیقات بذر، ۱۳ (۳)، ۶۶-۵۲.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.



(2011; Hasanuzzaman et al., 2014).

اولین مرحله رشد گیاه مرحله جوانه‌زنی است که از مهمترین و حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه به تنش شوری است (Jahanbakhsh et al., 2018). جوانه‌زنی بذر شامل سه مرحله جذب آب، دوره کمون و خروج ریشه‌چه است. پس از جذب آب، فرآیندهای تجزیه و سنتز آغاز شده و فعال شدن آنزیم‌ها سبب شکستن بافت‌های ذخیره‌ای و انتقال مواد می‌گردد و سرانجام ریشه‌چه قابل رویت می‌باشد (Makkizadeh Tafti et al., 2012). اهمیت فرآیندهای مرتبط با جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تنش‌های محیطی می‌تواند نقش اساسی در تعیین تراکم بوته در واحد سطح داشته باشد، به طوری که یکنواختی در سبز شدن به سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش وابسته است (Jahanbakhsh et al., 2018).

سان‌همپ (*Crotalaria juncea*) گیاهی است که بخش‌های مختلف آن در جوامع مختلف به عنوان غذا و دارو مورد استفاده قرار می‌گیرد (Samuel and Sornakumar, 2020). سان‌همپ گیاهی یکساله با ارتفاع ۱ الی ۲/۵ متر، برگ‌های کشیده و گل‌هایی به رنگ زرد، غلاف استوانه‌ای، کوتاه با پوششی کرک‌دار (مخملی) است و قابلیت تولید ۱۲ بذر در غلاف را دارد (Samuel and Sornakumar, 2020). این گیاه در ارائه خدمات زیستی در سیستم‌های کشاورزی مانند سرکوب علف‌های هرز (Cho et al., 2015)، سرکوب نماتدهای انگلی (Wang et al., 2002; Parenti et al., 2021)، حفظ بهبود کیفیت خاک (Meagher et al., 2017)، ماده اولیه سوخت‌های زیستی (Mosjidis et al., 2011)، کود سبز (Balkcom et al., 2011)، تقویت گرده‌افشانی و تأثیر مستقیم بر فراوانی زنبورهای عسل (Riedinger et al., 2014; Ellis and Barbercheck, 2015) و

تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین با تشدید فراوانی و گسترده‌گی تنش‌های متعدد مستقیماً بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی تأثیرگذارند (Sabagh et al., 2021). شوری یک از مهمترین چالش‌های سیستم‌های کشاورزی است که براساس گزارش‌ها توانسته بر ۲۰ درصد از زمین‌های قابل کشت جهانی از طریق تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی به طور مداوم تأثیرگذار باشد (Arora, 2019). گزارش شده است که تنش‌های محیطی از جمله شوری می‌توانند باعث افت ۵۰ درصدی عملکرد محصولات زراعی شوند (Acquaah, 2007). این در حالی است که افزایش مستمر جمعیت انسانی لزوم توجه به راهبردهای علمی و فنی را برای تولید غذا و حفظ امنیت غذایی تا سال ۲۰۵۰ آشکار می‌کند (FAO, 2009). تنش شوری با کاهش یا جلوگیری از رشد و توسعه باعث کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود (Johnson and Puthur, 2021). شوری رشد و نمو گیاه را از طریق تنش آبی، سمیت سلولی به دلیل جذب بیش از حد یون‌هایی مانند سدیم و کلرید و عدم تعادل تغذیه‌ای مختل می‌کند (Tsugane et al., 1999; Hernandez et al., 2001; Isayenkov, 2012). علاوه بر این تنش شوری معمولاً با تنش اکسیداتیو به دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن همراه است (Isayenkov and Maathuis, 2019). بیان شده است که تنش شوری باعث ایجاد تنش‌های هایپراسموتیک^۱ و هایپریونیک^۲ می‌شود که مستقیماً رشد و عملکرد گیاه را مختل می‌کنند (Seleiman et al., 2020). همچنین با توجه به اینکه که شوری پتانسیل اسمزی محلول خاک را کاهش می‌دهد، بر جذب آب، مواد مغذی و رشد گیاه، تغییر اجزای فراساختاری سلول‌های گیاهی، اختلال در سیستم‌های فتوسنتزی و کاهش فعالیت آنزیم‌ها تأثیرگذار است

² - Hyper-ionic

¹ - Hyperosmotic

تکرار اجرا شد. سطوح تنش شوری در شش سطح شامل صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ و ۲- مگاپاسکال با استفاده از کلرید سدیم (NaCl) بود. برای اعمال پتانسیل اسمزی از معادله وانت هوف رابطه (۱) استفاده شد (Jahanbakhsh et al., 2018).

$$\Phi = -mirt \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه m بیانگر غلظت مولی، i بیانگر ضریب ثابت یونیزاسیون ماده حل شونده، r عدد ثابت گازها (۰/۰۸۳)، t دما برحسب کلوین و Φ پتانسیل اسمزی محلول براساس مگاپاسکال بود.

شاخص‌های جوانه‌زنی

بذر سان‌همپ از برند تجاری Global Sunn hemp از شهر امهرست، ایالت ماساچوست، امریکا در سال ۱۴۰۱ تهیه شد. آزمون زیست‌سنجی با استفاده از ۲۰ عدد بذر سان‌همپ در هر تکرار پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه انجام شد. بذرها را ضدعفونی شده پس از شستشو با آب مقطر بر روی کاغذ صافی در پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر قرار داده شد. پتری‌دیش‌ها در پاکت‌های پلاستیکی شفاف به ژرمیناتور مدل GROUC (IRAN) GC.400 به منظور جوانه‌زنی منتقل شدند. شمارش بذرها به صورت روزانه با احتساب خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر (Perry, 1991) در ساعت معین به مدت ۱۴ روز (Nunes et al., 2009) انجام شد. طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه پس از اتمام دوره جوانه‌زنی با استفاده از خط‌کش و تراوی با دقت ۰/۰۰۱ (مدل SATORIUS SECURA124-1A, Germany) اندازه‌گیری شدند.

درصد جوانه‌زنی بذر: درصد جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Scott et al., 1984).

$$GP = \frac{S}{T} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

جاذبه‌های توریستی (Kaewpila et al., 2022) پتانسیل بالایی دارد. مصارف دارویی سان‌همپ شامل تصفیه خون، آرام بخش، درمان کم‌خونی، پسونیزیس^۳ و ضد التهاب زخم می‌باشد (Samuel and Sornakumar, 2020). عصاره اتانولی برگ سان‌همپ دارای فعالیت‌های ضد التهابی است. همچنین روغن دانه سان‌همپ حاوی مقادیر بالای اسید لینولئیک است که خاصیت ضد التهابی و ضد باکتریایی دارد (Samuel and Sornakumar, 2020). این گیاه، گیاهی مستعد برای پرورش در مناطق نیمه‌گرمسیری و گرمسیری است (Kamireddy et al., 2013). با توجه به اینکه بخش عظیمی از زمین‌های زراعی ایران در مناق خشک و نیمه خشک قرار دارند و تنش‌های محیطی بسیاری بر رشد و نمو و تولید محصول تأثیرگذارند؛ بحث خشکی و شوری و تنش‌های حاصل از آن‌ها در رشد گیاهان این مناطق دارای اهمیت می‌باشند. بنابراین افزایش درصد شوری خاک در نتیجه فعالیت‌های مسمت‌انسانی، تغییرات اقلیمی و گسترش افق‌های حفظ امنیت غذایی برای تأمین غذا در سال‌های آتی، باعث توجه به تولید و تکثیر گیاهان در شرایط مختلف تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری می‌گردد. بنابراین تعیین آستانه تحمل بذر گیاهان برای جوانه‌زنی و استقرار امری مهم و ضروری است. برای نیل به این مهم هدف از پژوهش حاضر بررسی قابلیت جوانه‌زنی بذر سان‌همپ (*Crotalaria juncea*) در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشدی بذر سان‌همپ (*Crotalaria juncea*) آزمایشی در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی با سه

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و آزمون LSD_{5%} و ترسیم شکل‌ها با استفاده از Excel₂₀₁₉ انجام شد.

نتایج

درصد جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر درصد جوانه‌زنی بذر داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی بذر به ترتیب از دو پتانسیل صفر (۱۰۰ درصد) و ۲- مگاپاسگال (صفر درصد) حاصل شد (شکل ۱-الف). بررسی شکل ۱-الف نشان می‌دهد که با افزایش شدت شوری درصد جوانه‌زنی بذر سان‌همپ کاهش یافت (شکل ۱-الف)، به طوری که در مقایسه با سطح صفر، سطوح ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- باعث کاهش (به ترتیب ۱۱/۶، ۱۸/۳، ۳۱/۶، ۴۳/۳ و ۱۰۰ درصد) جوانه‌زنی بذر شدند (شکل ۱-الف).

سرعت جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بذر سان‌همپ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار قرار گرفت (جدول ۱). نتایج ارزیابی سرعت جوانه‌زنی نشان می‌دهد که همگام با کاهش درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش شوری کاهش می‌یابد به طوری که کمترین سرعت جوانه‌زنی بذر به ترتیب از ۲- و ۱/۲- مگاپاسگال (به ترتیب صفر و ۳/۳ بذر در روز) حاصل شد (شکل ۱-ب). همچنین در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال)، سطوح ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال باعث کاهش ۲۹، ۵۲، ۵۵، ۶۷ و ۱۰۰ درصدی سرعت جوانه‌زنی بذر شدند (شکل ۱-ب).

در این رابطه S بیانگر تعداد بذرهای جوانه‌زده و T بیانگر تعداد کل بذرهای نمونه آزمایشی می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی بذر: سرعت جوانه‌زنی بذر با

استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Maguire, 1962).

$$GR = \frac{\text{Number of normal seedlings}}{\text{Days to final count}} + \dots \frac{\text{Number of normal seedlings}}{\text{Days to final count}} \quad (3)$$

ضریب سرعت جوانه‌زنی: ضریب سرعت جوانه-

زنی بذر با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Scott et al., 1984).

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + \dots + (n \times G_n)} \quad (4)$$

در این رابطه CVG بیانگر ضریب سرعت جوانه‌زنی و $G_1 - G_n$ بیانگر تعداد بذر جوانه‌زده از روز اول تا انتهای آزمون می‌باشد.

میانگین زمان جوانه‌زنی: میانگین زمان جوانه‌زنی

با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد (Ellis, 1992).

$$MGT = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (5)$$

در این رابطه MGT بیانگر میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی، d بیانگر تعداد روزهای شمارش از زمان شروع آزمایش و n تعداد بذر جوانه‌زده در روز d می‌باشد.

میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر: میانگین سرعت

جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد (Riasat et al., 2006).

$$\bar{v} = \frac{1}{\bar{t}} \quad (6)$$

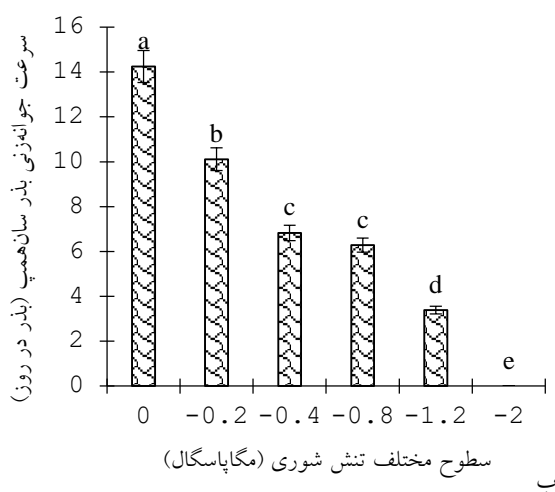
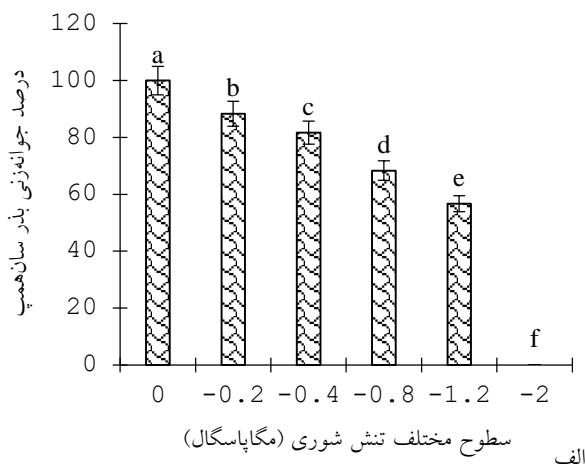
در این رابطه \bar{v} بیانگر میانگین سرعت جوانه‌زنی و \bar{t} بیانگر میانگین زمان جوانه‌زنی است.

شاخص جوانه‌زنی بذر: شاخص جوانه‌زنی بذر با

استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد (TeKrony and Egli, 1991).

$$GI = \sum_{i=1}^k ni/ti \quad (6)$$

در این رابطه GI بیانگر شاخص جوانه‌زنی، ni بیانگر تعداد کل بذرهای جوانه‌زده، ti بیانگر تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی می‌باشد.

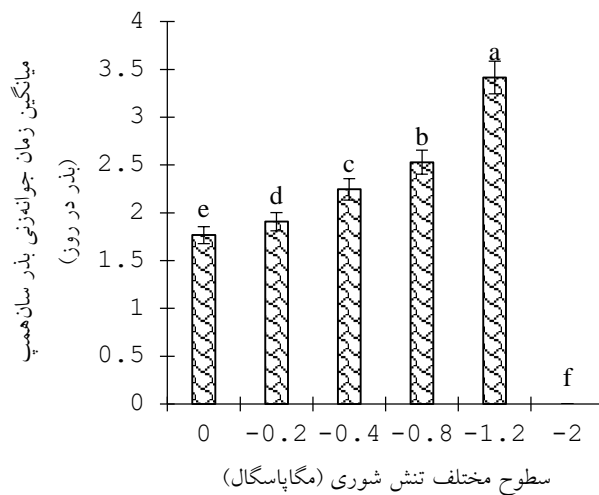


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی (الف) و سرعت جوانه‌زنی (ب) بذر سان‌همپ (*Crotalaria juncea*)

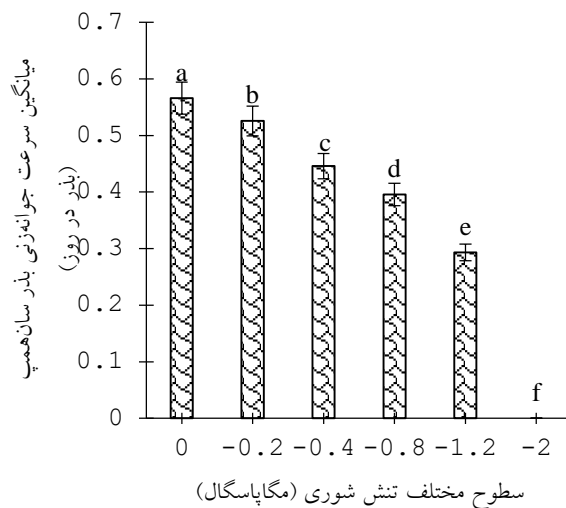
میانگین زمان جوانه‌زنی بذر سان‌همپ شد (شکل ۲- الف).

میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد که تأثیر تنش شوری بر میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر سان‌همپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ به طوری که با تشدید تنش شوری، میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش یافت و در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) پتانسیل‌های ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- باعث کاهش ۷/۱۵، ۱۵/۱۸، ۱۱/۲۸، ۲۵/۸۹ و ۱۰۰ درصدی میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر شدند (شکل ۲- ب).

میانگین زمان جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میانگین زمان جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی بذر از پتانسیل ۱/۲- مگاپاسگال (۳/۴۱ بذر در روز) و کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی بذر از تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) (۱/۷۶ بذر در روز) به دست آمد (شکل ۲- الف). نتایج نشان داد که میانگین زمان جوانه‌زنی بذر در پتانسیل‌های ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) به ترتیب ۷/۳۷، ۲۱/۳۱، ۳۰/۱۵، ۴۸/۲۵ و ۱۰۰ درصد موجب افزایش



الف



ب

شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر میانگین زمان جوانه‌زنی (الف) و سرعت جوانه‌زنی بذر (ب) سان‌همپ (*Crotalaria juncea*)

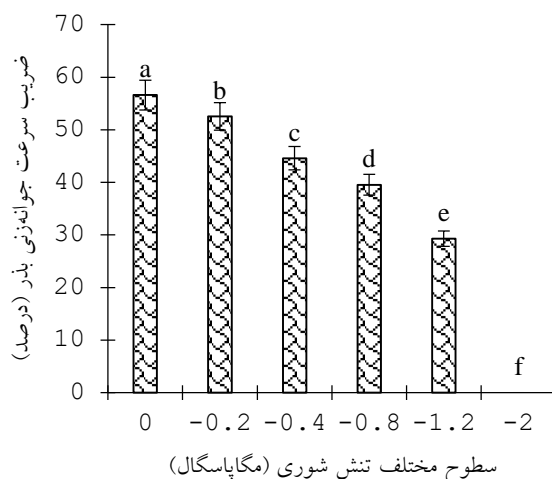
، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال در مقایسه با پتانسیل صفر (تیمار شاهد)، ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر ۰/۱۶، ۰/۱۷، ۰/۲۹، ۰/۸۷ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت (شکل ۳- الف).

شاخص جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه وریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری بر شاخص جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که بیشترین شاخص جوانه‌زنی بذر از تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) ۱۴/۲۵ و کمترین آن از پتانسیل ۲-

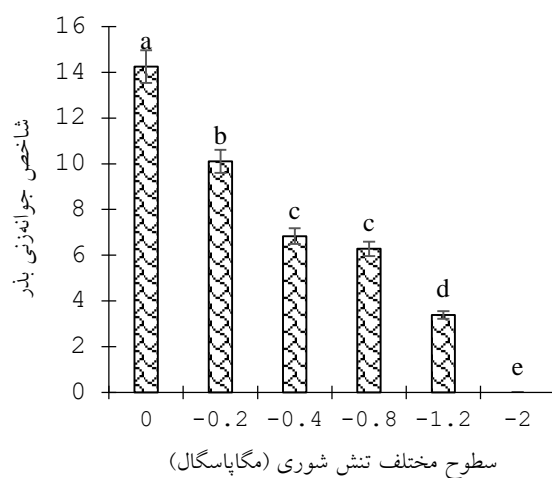
ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه وریانس نشان داد که ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر از تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) و پتانسیل ۲- مگاپاسگال (به ترتیب ۵۶/۶۱ و صفر درصد) حاصل شد (شکل ۳- الف). نتایج بررسی شکل نشان داد که با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی، ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد؛ به طوری که در پتانسیل‌های ۰/۲-

جوانه‌زنی بذر شد؛ به طوری که در پتانسیل‌های اسمزی $-0/2$ ، $-0/4$ ، $-0/8$ ، $-1/2$ و -2 مگاپاسگال شاخص جوانه‌زنی بذر در مقایسه با تیمار شاهد (پتانسیل صفر مگاپاسگال) به ترتیب $29/04$ ، $57/04$ ، $55/94$ ، $76/21$ و 100 درصد کاهش یافت (شکل ۳-ب).

مگاپاسگال (صفر) به دست آمد (شکل ۳-ب). پتانسیل‌های اسمزی $-0/4$ و $-0/8$ مگاپاسگال از نظر شاخص جوانه‌زنی بذر (به ترتیب $6/83$ و $6/27$) اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۳-ب). به طور کلی، افزایش شدت شوری باعث کاهش جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن از جمله شاخص



الف



ب

شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر ضریب سرعت جوانه‌زنی (الف) و شاخص جوانه‌زنی بذر (ب) سان‌همپ (*Crotalaria juncea*)

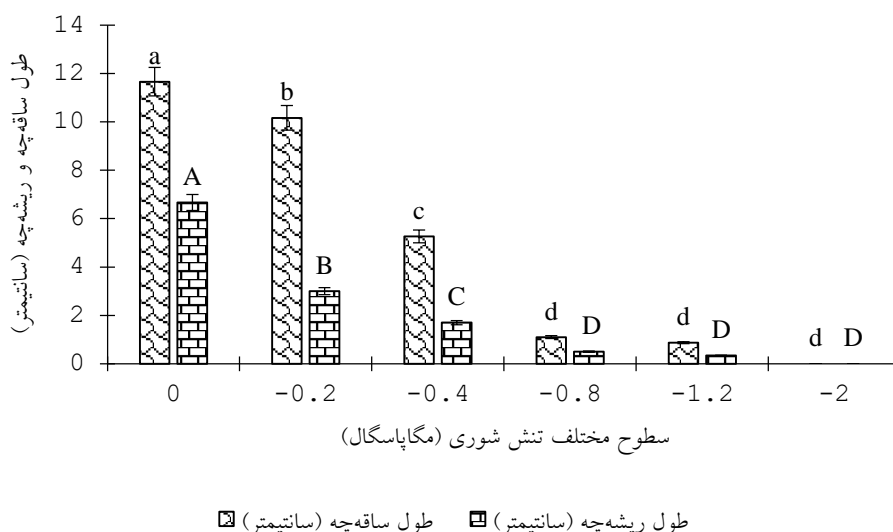
(صفر مگاپاسگال) $6/6$ سانتیمتر و کمترین طول ریشه-چه از پتانسیل -2 مگاپاسگال (صفر سانتیمتر) به دست آمد (شکل ۴). همچنین نتایج نشان داد که سایر پتانسیل‌ها مانند $-0/2$ ، $-0/4$ ، $-0/8$ و $-1/2$ به ترتیب $3/0$ ، $1/7$ ، $0/5$ و $0/3$ سانتیمتر طول ریشه‌چه داشتند

طول ریشه‌چه سان‌همپ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول ریشه‌چه سان‌همپ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه بذر سان‌همپ از تیمار شاهد

داد که بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) ۱۱/۶۶ سانتیمتر بود (شکل ۴). همچنین کمترین طول ساقه‌چه مربوط به پتانسیل‌های ۲- و ۱/۲- مگاپاسگال (به ترتیب صفر و ۰/۸۶ سانتیمتر) بود (شکل ۴). سایر پتانسیل‌های شوری مانند ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) باعث کاهش به ترتیب ۱۲/۵، ۵۴/۸۵، ۹۰/۵۷، ۹۲/۵۷ و ۱۰۰ درصدی طول ساقه‌چه شدند (شکل ۴).

(شکل ۴). ارزیابی نتایج طول ریشه‌چه در شکل ۴ بیانگر تأثیر قابل توجه افزایش پتانسیل‌های شوری بر کاهش طول ریشه‌چه می‌باشد؛ به طوری که در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال) پتانسیل‌های ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- باعث کاهش ۵۵/۰۰، ۴۳/۳۳، ۷۰/۵۸، ۳۳/۳۴ و ۱۰۰ درصدی طول ریشه‌چه سان-همپ شدند (شکل ۴).

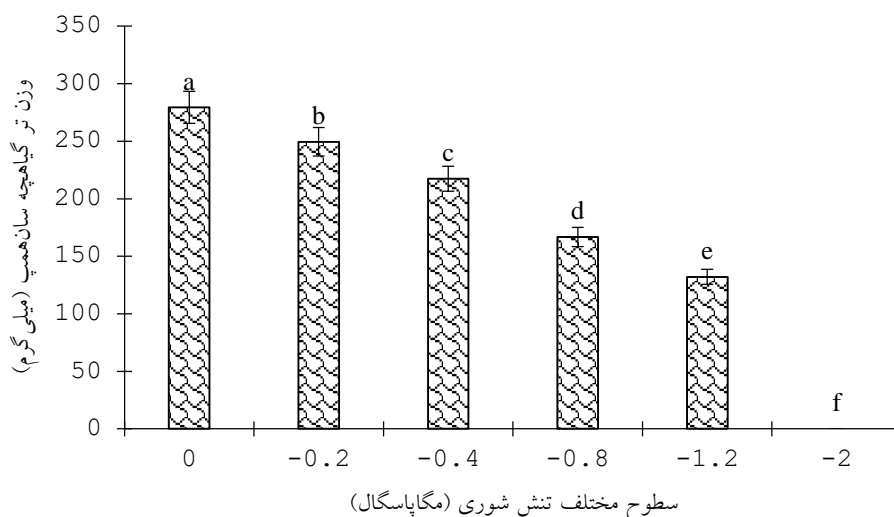
طول ساقه‌چه سان‌همپ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول ساقه‌چه سان‌همپ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان



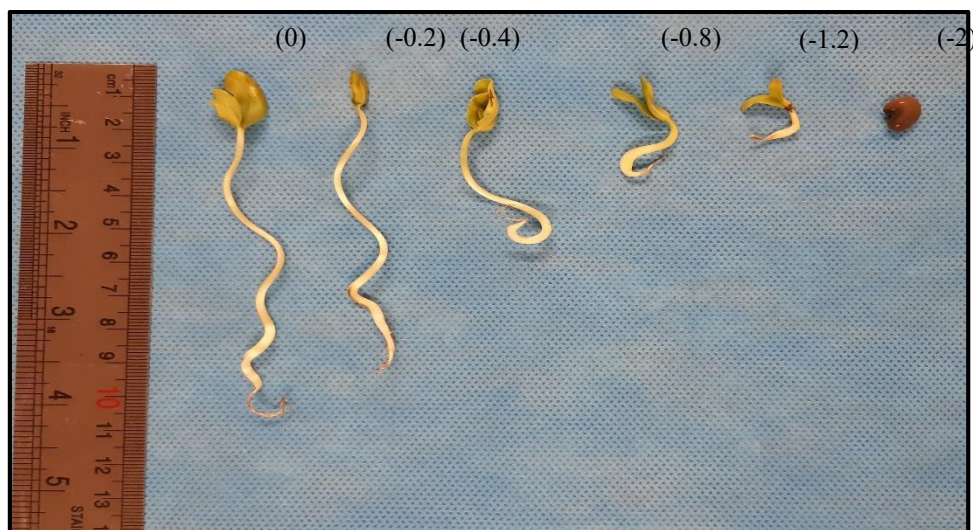
شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه سان‌همپ (*Crotalaria juncea*)

(پتانسیل صفر مگاپاسگال) ۲۷۹/۴۶ میلی‌گرم بود (شکل ۵). وزن تر گیاهچه در سایر تیمارهای مورد بررسی (۰/۲-، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسگال) به ترتیب ۲۴۹/۵۳، ۲۱۷/۴۳ و ۱۶۶/۷۰ میلی‌گرم بود. ارزیابی شکل ۵ نشان می‌دهد که در مقایسه با تیمار شاهد (صفر مگاپاسگال)، پتانسیل‌های اسمزی ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال باعث کاهش ۱۰/۷۱، ۱۲/۸۶، ۲۳/۳۳ و ۲۰/۷۷ و ۱۰۰ درصدی وزن تر گیاهچه شدند.

وزن تر گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری بر وزن تر گیاهچه سان‌همپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها با تشدید شوری، وزن تر گیاهچه کاهش یافت به طوری که در پتانسیل‌های اسمزی ۲- و ۱/۲- مگاپاسگال کمترین وزن تر گیاهچه (به ترتیب صفر و ۱۳۲/۰۶ میلی‌گرم) ثبت شد (شکل ۵). بیشترین وزن تر گیاهچه نیز مربوط به تیمار شاهد



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن تر گیاهچه سان همپ (*Crotalaria juncea*)



شکل ۶- طول گیاهچه سان همپ (*Crotalaria juncea*) تحت تأثیر پتانسیل‌های مختلف تنش شوری

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن در بذر سان همپ (*Crotalaria juncea*)

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	میانگین سرعت جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه-زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه
تنش شوری	۵	۳۸۰۹/۱۶**	۷۴/۷۶**	۳/۸۴**	۰/۱۲۷**	۱۲۷۱/۲۹**	۰/۷۷**	۱۹/۱۳**	۷۷/۰۱**	۳۰۴۸۱/۴۴**
خطای آزمایش	۱۲	۵/۵۵	۰/۲۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۲/۸۳	۰/۰۰۱	۰/۱۴۱	۰/۵۰۳	۴۴/۸۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۵۸	۶/۷۲	۴/۰۲	۴/۴۵	۴/۴۵	۳/۵۸	۱۸/۴۷	۱۴/۶۵	۳/۸۴

** سطح معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در آزمون LSD_{5%} می‌باشد.

در سلول‌های بذر ناشی از تنش شوری به عنوان عوامل مؤثر در کاهش یا توقف جوانه‌زنی بذر گزارش شده است (Miransari and Smith, 2014). در پژوهشی دیگر، کاهش درصد جوانه‌زنی بذر سان‌همپ تحت تأثیر نمک NaCl بیشتر از KCl گزارش شد؛ به طوری که افزایش شدت شوری باعث کاهش و عدم جوانه‌زنی بذر سان‌همپ شده بود (Nunes et al., 2009). ژانگ⁴ و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که رشد رویان در شرایط تنش شوری تحت تأثیر جذب یون سدیم و کاهش جذب آب توسط بذر قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد کاهش درصد جوانه‌زنی بذر در پتانسیل‌های منفی‌تر کلرید سدیم ناشی از کاهش فعالیت آنزیم‌ها باشد؛ به طوری که گزارش شده است که کاهش فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز که در تجزیه ذخیره نشاسته و افزایش دسترسی رویان به قندها دخالت دارد، از دیگر عوامل مؤثر بر کاهش جوانه‌زنی بذر است (Almansouri et al., 2001). همچنین در اکثر مطالعات پیشین تنش شوری بر روی جوانه‌زنی، گزارش شده است که افزایش غلظت نمک باعث کاهش پتانسیل اسمزی و ایجاد اختلال در جوانه‌زنی و رشد اولیه می‌گردد (Gupta and Huang, 2014; Anuradha, 2014; Turan et al., 2009; Borna and Heidari, 2022). به این ترتیب می‌توان گزارش کرد که هرچه پتانسیل‌های شوری منفی‌تر باشند، روند جوانه‌زنی بذر سان‌همپ کندتر خواهد شد. این امر با نتایج حاصل از شاخص‌های ارزیابی‌کننده سرعت در جوانه‌زنی مانند سرعت جوانه‌زنی بذر، ضریب سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان و سرعت جوانه‌زنی در این آزمایش به اثبات رسید. نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش درصد جوانه‌زنی بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه تحت تأثیر شدت‌های شوری قرار گرفت، به طوری که با منفی‌تر شدن پتانسیل‌های اسمزی همگام با درصد

جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل مهم چرخه زندگی گیاهان است که در طی چند مرحله براساس تغییرات بیوشیمیایی، فیزیکی و آنزیمی درون بذر انجام می‌شود. جذب آب توسط بذر، اولین مرحله و خروج ریشه‌چه مرحله نهایی جوانه‌زنی بذر می‌باشد (Borna and Heidari, 2022). میزان نمک و آب در محیط دو عامل تعیین‌کننده در شدت جذب مواد توسط بذر و ریشه گیاهان محسوب می‌گردند. تنش شوری از طریق ایجاد تغییر در توازن اسمزی، سمیت یونی و تنش اکسیداتیو بر جوانه‌زنی بذر تأثیرگذار است (Uçarli, 2020). تغییر در توازن اسمزی از طریق افزایش جذب یون سدیم و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم ایجاد می‌گردد که در نهایت باعث سمیت یونی می‌شود. علاوه بر این عدم تعادل یونی بر جذب و انتقال سایر یون‌های ضروری و مهم به سلول هدف تأثیرگذار است و فرآیندهای حیاتی مرتبط با رشد را مختل می‌کند (Arif et al., 2020). بنابراین توجه به تحمل بذر گیاهان زراعی در مقابله با تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری بسیار حائز اهمیت است.

نتایج آزمایش بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر سان‌همپ نشان داد که افزایش شدت شوری (کاهش پتانسیل اسمزی) باعث کاهش قابل توجه درصد جوانه‌زنی بذر سان‌همپ شد؛ به طوری که در پتانسیل‌های اسمزی ۱/۲- و ۲- مگاپاسگال درصد جوانه‌زنی بذر به میزان ۴۳ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت. احتمال دارد که کاهش درصد جوانه‌زنی بذر سان‌همپ به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و اختلال در فرآیند جذب آب باشد. همچنین در مطالعات دیگر، کاهش میزان تنظیم‌کننده‌های رشد مانند جیبرلین و سائوکونین، افزایش بازدارنده‌های رشد مانند آبسزیک اسید، تغییر در نفوذپذیری غشاء و جذب آب

⁴ -Zhang

جوانه‌زنی بذر ریحان (*Ocimum basilicum*) گزارش کردند که غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم باعث کاهش طول ریشه، ساقه و طول گیاهچه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر تأثیر قابل توجه تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر سان‌همپ در پتانسیل‌های اسمزی ۲- و ۱/۲- مگاپاسگال می‌باشد. همچنین این نتایج بیانگر آن است که بذر سان‌همپ می‌تواند تنش شوری را تا پتانسیل اسمزی ۰/۴- مگاپاسگال تحمل کنند. با این حال، با افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از شوری فراتر از این آستانه (۰/۴- مگاپاسگال)، توانایی آن را برای جوانه زدن و بقاء کاهش می‌دهد. با این حال با توجه به اینکه سان‌همپ یک گیاه مفید چندمنظوره و غیربومی در ایران است، نتایج این بررسی علاوه بر گزارش توان جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش شوری با پتانسیل مختلف، می‌تواند برای مطالعات مرتبط با سازگاری اکولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی دانشجویان دارای استعداد درخشان مصوب ۱۴۰۲/۰۵/۳۰ در شورای پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی است. نویسندگان مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از حمایت‌های مالی دانشگاه محقق اردبیلی، دوستان و همکارانی که در این طرح پژوهشی ما را یاری نمودند، اعلام می‌نمایند.

جوانه‌زنی بذر، پارامترهای طول و وزن کاهش معنی‌داری یافتند. به نظر می‌رسد کاهش جذب آب، یکی از مهمترین دلایل اختلال در فرآیندهای رشدی بذر سان‌همپ باشد. در این راستا کرباوی^۵ (۲۰۰۴) بیان کرد که کاهش جذب آب توسط بذرها می‌تواند باعث کاهش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و کاهش تجمع ماده خشک شود. با این حال پژوهشگر دیگری با مطالعه اثر تنش شوری بر رشد، پاسخ روزه‌ها و تجمع املاح در ژنوتیپ‌های مختلف ذرت، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش مشاهده نکرد و به این نتیجه رسید که ارزیابی تنها براساس تجمع ماده خشک تحت تأثیر تنش شوری ممکن است برای نشان دادن اثرات تنش ایده‌آل نباشد (Azevedo neto, 2004). در بررسی دیگری لیما^۶ و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که نمک‌های محلول اثرات سمی یا محدودکننده‌تری بر جوانه‌زنی بذرها دارند، زیرا بذرها در هنگام جذب آب می‌توانند بسته به غلظت، یون‌های دیگری را جذب کنند که باعث ایجاد سمیت و کاهش رشد فیزیولوژیک و جوانه‌زنی شوند. گزارش شده است که یکی از اولین اثرات تنش شوری، کاهش روند رشد رویشی است (Gupta and Huang, 2014). در پژوهشی دلیل کاهش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر تنش شوری، تأثیر یون‌های سدیم و کلر بر کاهش پتانسیل آب و ایجاد اختلال در جذب آب توسط سلول‌ها گزارش شده است (Anuradha, 2014). باباخانی و کاظمی^۷ (۱۴۰۰) در بررسی تأثیر تنش شوری بر ویژگی‌های

References

- Acquaah, G. 2007. Principles of plant genetics and breeding. 2nd Edn. Oxford. Blackwell. p 740.
- Almansouri, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil. 231 (2001): 243- 254.
- Anuradha, C. 2014. Effect of salt stress on seedling growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Scientific Research. 3(9): 15-22.

⁷ -Babakhani and Kazemi

⁵ -Kerbaui

⁶ -Lima

- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A. and Hayat, S. 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: an omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*. 156(2020): 64-77. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.08.042
- Arora, N.K. 2019. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. 2(2019): 95-96. DOI: 10.1007/s42398-019-00078-w
- Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T., Enéas filho, J., Lacerda, C.F., Silva, J.V., Costa, P.H.A., Gomes filho, E. 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology Pelotas*. 16(1): 31-38.
- Babakhani, M., and Kazemi, N. 2022. Effects of salinity stress on germination properties of *Ocimum basilicum* seed. *Journal of Seed Research*. 11(4): 23-29.
- Balkcom, K., Massey, J.M., Mosjidis, J.A., Price, A.J. and Enloe, S.F. 2011. Planting date and seeding rate effects on sunn hemp biomass and nitrogen production for a winter cover crop. *International Journal Agronomy*. DOI:10.1155/2011/237510.
- Borna, F., and Heidari, M. 2022. Evaluation of seed germination and seedling growth indices of *Drimys maritima* L. under salinity and temperature stress. *Journal of Seed Research*. 12 (1): 11-23. DOI: 10.30495/jsr.2022.1962102.1236
- Cho, A.H., Chase, C.A. and Treadwell, D.D. 2015. Apical dominance and planting density effects on weed suppression by Sunn Hemp (*Crotalaria juncea* L.). *Hortscience*. 50(2):263-267.
- EL Sabagh, A., Islam, MS., Skalicky, M., Ali Raza, M., Singh, K., Anwar Hossain, M., Hossain, A., Mahboob, W., Iqbal, MA., Ratnasekera, D., Singhal, RK., Ahmed, S., Kumari, A., Wasaya, A., Sytar, O., Brestic, M., ÇIG, F., Erman, M., Habib Ur Rahman, M., Ullah, N. and Arshad, A. 2021. Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: adaptation and management strategies. *Frontiers in Agronomy*. 3(661932): 1-20. DOI: 10.3389/fagro.2021.661932
- Ellis, K.E., and Barbercheck, M.E. 2015. Management of overwintering cover crops influences floral resources and visitation by native bees. *Environmental Entomology*. 44:999-1010.
- Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation*. 11(1992): 249-255.
- FAO. 2009. High level expert forum-how to feed the world in 2050. economic and social development. Rome: food and agricultural organization of the United Nations.
- Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*. 2014(701596): 1-18. DOI: 10.1155/2014/701596
- Hasanuzzaman, M., Alam, M., Rahman, A., Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. 2014. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *BioMed Research International*. 2014(757219): 1-18. DOI: 10.1155/2014/757219
- Hernandez, J. A., Ferrer, M. A., Jimenez, A., Barcelo, A. R. and Sevilla, F. 2001. Antioxidant systems and O₂⁻/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol*. 127(3): 817-831. DOI:10.1104/pp.010188
- Isayenkov, S.V. 2012. Physiological and molecular aspects of salt stress in plants. *Cytol. Genet*. 46(2012): 302-318. DOI: 10.3103/S0095452712050040
- Isayenkov, S.V. and Maathuis, F.J.M. 2019. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers Plant Science*. 10(80):1-11. DOI: 10.3389/fpls.2019.00080
- JahanBakhsh, S., Parmoon, Gh. Azad, H. and Ghatei, A. 2018. Modeling hydro time and threshold tolerance to salinity and drought on germination different species Basil (*Ocimum basilicum*). *Iranian Journal of seed Science and Technology*. 7(2): 119-142. DOI: 10.22034/ijst.2019.109228.1056
- Johnson, R. and Puthur, J.T. 2021. Seed priming as a cost-effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 162(2021): 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034>

- Kalaji, H., and Nalborczyk, E. 1991. Gas exchange of barley seedlings growing under salinity stress. *Photosynthetica*. 25 (2): 197-202.
- Kalaji, H.M., Bosa, K., Ko' scielniak, J. and Zuk-Gołaszewska, K. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. *Environmental and Experimental Botany*. 73(2011): 64-72. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2010.10.009
- Kamireddy, S.R., Li, J., Abbina, S., Berti, M., Tucker, M., and Ji, Y. 2013. Converting forage sorghum and sunn hemp into biofuels through dilute acid pretreatment. *Industrial Crop Products*. 49 (2013): 598-609. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.018>.
- Kerbaudy, G.B. 2004. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p 452.
- Lima, K.L., Cavalcante, L.F., and Feitosa filho, J.C. 2001. Efeitos de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*. 21(2): 135-144.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*. 2(2):176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Makkizadeh Tafti, M., Farhoudi, R. and Rastifar, M. 2012. Effect of osmopriming on seed germination of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under salinity stresses. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27(4): 573-586.
- Meagher, R.L., Rodney, J.R., Nagoshi, N. and Brown, J.T. 2017. Flowering of the cover crop sunn hemp, *Crotalaria juncea* L. *HortScience*. 52(7): 986-990. DOI: 10.21273/HORTSCI11981-17
- Miransari, M., and Smith, D.L. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*. 99(2014): 110-121 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
- Mosjidis, J.A., and G. Wehtje, 2011. Weed control in sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) and its ability to suppress weed growth. *Crop Protection*. 30:70-73. DOI: 10.1016/j.cropro.2010.08.021
- Nunes, A.D.S., Lourenção, A.L.F. Pezarico, C.R. Scalon, S.P.Q. and Gonçalves, M.C. 2009. Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalaria juncea* L. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3): 753-757.
- Parenti, A., Cappelli, G., Zegada-Lizarazu, C.M. W., Sastre, M. Christou, A., Monti, A. and Ginaldi, F. 2021. SunnGro: A new crop model for the simulation of sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) grown under alternative management practices. *Biomass and Bioenergy*. 146(105975) 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.105975>
- Perry, D.A. 1991. Methodology and application of vigor tests. *International Seed Testing Association*. Zurich. Switzerland. p 275.
- Riasat, M., Nasirzadeh, A. and Heidari, M. 2006. Determination of the best methods of seed germination and growth index in some species of *Trigonella* in Fars province. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 13(3): 227-338.
- Riedinger, V., Renner, M., Rundleof, M., Steffan-Dewenter, I. and Holzschuh, A. 2014. Early mass-flowering crops mitigate pollinator dilution in late-flowering crops. *Landscape Ecology*. 29:425-435.
- Samuel, P.N.K.J. and Sornakumar, R.S.A. 2020. Antioxidant, antimicrobial, haemolytic, germination and growth promoting properties of *Crotalaria juncea* L. *Plant Science Today*. 7(2):201-205. <https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.2.653>
- Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*. 24(6): 1192-1199. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400060043x>
- Seleiman, M.F., Semida, W.M., Rady, M.M., Mohamed, G.F., Hemida, K.A., Alhammad, B., Hassan, M.M. and Shami, A. 2020. Sequential application of antioxidants rectifies ion imbalance and strengthens antioxidant systems in salt-stressed cucumber. *Plants*. 9 (12):1783, 1-15. <https://doi.org/10.3390/plants9121783>
- Tekrony, D.M. and Egli, D.B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Science*. 31(3):816-822.

- Tsugane, K., Kobayashi, K., Niwa, Y., Ohba, Y., Wada, K., and Kobayashi, H. 1999. A recessive Arabidopsis mutant that grows photo autotrophically under salt stress shows enhanced active oxygen detoxification. *Plant Cell*. 11(7): 1195–1206. DOI: 10.2307/3870742
- Uçarlı, C. 2020. Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. In: *Abiotic stress in plants*. (Ed. Fahad, S., Saud, S., Chen, Y., Wu, C. and Wang, D.). Pp 1-20.
- Wang, K.H., Sipes, B.S. and Schmitt, D.P. 2002. *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica*. 32: 35-57.
- Zhang, H., Irving, L.J., Tian, Y., and Zhou, D. 2012. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. *South African Journal of Botany*. 78(2012): 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.08.008>