"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲
(ص ۳۹-۲۵)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of Seed Science and Technology
Vol.: 12, No.: 3, Autumn 2023
(pp: 25-39)
DOI: 10.22092/ijsst.2023.360883.1463
Research Article

بررسی تأثیر اسید آمینه اِل- سیستئین بر جوانه‌زنی بذر ریحان (*Ocimum basilicum* L. cv. Genovese) تحت تنش شوری

ملیحه صادقی‌زاده[۱]، عارفه موحدی[۲]، پگاه پهلوانی[۲]، راضیه آزادی[۲]، محمود اسلامی[۳*]، هادی سالک معراجی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، مدرّس گروه علوم کشاورزی، دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی، تولید و بهره‌برداری گیاهان دارویی و معطر، گروه علوم کشاورزی، دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۳. دکترای تخصصی خاکشناسی، گرایش فیزیک و حفاظت خاک، استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشکده باهنر پاکدشت و شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۴. دکترای تخصصی زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸)

چکیده

جوانه‌زنی بذر از حساس‌ترین مراحل زندگی گیاهان است. شوری از مهمترین تنش‌های غیرزیستی در گیاهان بوده که جوانه‌زنی بسیاری از گیاهان را با مشکل مواجه می‌سازد. به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار کردن بذر ریحان (رقم Genovese) با اسید آمینه بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی و گیاهان دارویی دانشکده فنی و حرفه‌ای دختران دکتر شریعتی استان تهران اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف شوری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و پیش‌تیمار بذور با اسید آمینه (ال-سیستئین) در سه غلظت ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار بود. تنش شوری بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری اثر معنی‌دار و کاهشی داشت. پیش‌تیمار کردن بذور با اسید آمینه بر همه صفات مورد بررسی به غیر از ضریب آلومتری، اثر معنی‌داری داشت و سبب کاهش اثرات تنش شوری گردید. درصد جوانه‌زنی تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری نداشت اما در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۸ و ۴۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. اسید آمینه غلظت ۱۰۰ میکرومولار تا شوری ۶ دسی‌زیمنس سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذور گردید اما در شوری ۹ دسی‌زیمنس تأثیرگذار نبود. پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار بالاترین طول ریشه‌چه (۲۸/۲ میلی‌متر) را دارا بود که نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۹ درصد افزایش داشت. طول ساقه‌چه نیز در غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار به ترتیب به میزان ۷/۶ و ۱۳/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. در اثر پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه، صفت شاخص بنیه بذر به میزان ۲۴/۳ درصد، وزن تر گیاهچه به میزان ۱۰/۳ درصد، وزن خشک گیاه‌چه به میزان ۴۲/۸ درصد و یکنواختی جوانه‌زنی بذر به میزان ۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. حداقل غلظت مؤثر برای اثرگذاری اسیدآمینه در جوانه‌زنی بذر ریحان تحت تنش شوری، غلظت ۱۰۰ میکرومولار بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تا شوری ۶ دسی‌زیمنس، پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر ریحان می‌شود.

کلمات کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتری، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه.

Investigating the effect of L-cysteine amino acid on the germination of basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Genovese) seeds under salinity stress

M. Sadeghizadeh[1], A. Movahedi[2], P. Pahlavani[2], R. Azadi[2], M. Eslami[3*], H. Salek Mearaji[4]

1. Ph.D candidate, Instructor Department of Agricultural Science, Faculty of Shariati, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
2. B.Sc. Student, Production and Utilization of Medicinal and Aromatic plants, Department of Agricultural Science, Faculty of Shariati, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
3. PhD in physics and soil protection, Assistant Professor Department of Agricultural Science, Faculty of Bahonar & Shariati, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
4. Ph.D Agronomy (Crop Physiology), Assistant Professor Department of Agricultural Science, Faculty of Shariati, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
(Received: Dec. 17, 2022 – Accepted: Feb. 17, 2023)

Abstract

Seed germination is a critical stage in plant life. Salinity is one of the most important abiotic stresses in plants that makes it difficult for the germination stage of many plants. In order to investigate the effect of priming seeds of basil (Genovese cv.) with amino acid on germination characteristics of seeds under salinity stress, an experiment was conducted a factorial based on a completely randomized design (CRD) with four replications in the physiology and medicinal plants laboratory of the Faculty of Dr. Shariati Technical and Vocational College of Tehran (TVU). The Experimental treatments included levels of salinity (0, 3, 6 and 9 ds/m) and priming of seed basil with amino acid (L-cysteine) at three concentrations of 0, 100 and 200 µM. Salinity stress had a significant and decreasing effect on all measures of traits. Priming of seeds with amino acid had a significant effect on all investigated traits except coefficient of allometry (CA) and reduced the effects of salinity stress. Germination percentage did not decrease significantly up to, salinity of 3 dS/m, but at 6 and 9 dS/m salinity reduced by 8 and 41%, respectively, compared with control treatment. Amino acid increased the seed germination rate up to 100 µM at 6 dS/m of salinity, but it was not effective at 9 dS/m. Seed priming with 200 µM amino acid had the highest length of radicle (28.2 mm), which was 19% higher than the control treatment. The length of plumul with compared to the control treatment, was also increased by 7.6% and 13.9% in the concentration of 100 and 200 µM, respectively. As a result of seed priming with amino acid, the seed vigor index increased by 24.3%, seedling fresh weight by 10.3%, seedling dry weight by 42.8% and seed germination uniformity by 33% increased compared to the control treatment. The minimum effective concentration for the effect of ammonia acid on the germination of basil seeds under salt stress was 100 µM. In general, the results showed that seed priming with two per thousand amino acid improved the germination characteristics of basil up to a salinity of 6 ds/m.

Key words: Coefficient of allometry, Germination percentage, Germination rate, Length of plumul, Length of radicle, Seed vigor index.

* Email: meslami@tvu.ac.ir

مقدمه

شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی بوده که رشد، نمو و عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد (Yang & Guo, 2018). تنش شوری بر فرآیندهای مهم گیاه از مرحله جوانه‌زنی تا تولید دانه تأثیر نامطلوب می‌گذارد (Naidoo & Naidoo, 2001). تنش شوری بیشتر توسط یون‌های کلریدسدیم (NaCl) یا سولفات‌سدیم (Na_2SO_4) ایجاد می‌شود (Tarchoune et al., 2012). در اکثر گیاهان، مرحله جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه از حساس‌ترین مراحل به تنش شوری هستند. شوری ابتدا با کاهش پتانسیل اسمزی سبب کاهش جذب آب توسط بذر شده و سپس باعث ایجاد سمیت یونی و ایجاد تغییر در فعالیت‌های آنزیمی درون بذر می‌گردد (Massai et al., 2004). تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و تأخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه از اثرات تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی بذر است که متعاقب آن رشد گیاهچه با مشکل رو به رو می‌شود (Shakarami et al., 2010).

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) از مهمترین گیاهان تیره نعناع بوده (Egata et al., 2017) که به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Makri & Kintzios, 2008). اندام‌های رویشی ریحان حاوی اسانس است که در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی بهداشتی کاربرد دارد (Archangi and Khodambashi, 2014).

از نظر تحمل به شوری، ریحان جزو گیاهان نیمه‌مقاوم به شوری بوده و گزارش شده که تا مرحله گیاهچه‌ای، شوری ۱۰ دسی‌زیمنس را می‌تواند تحمل نماید (Delavari et al., 2014). پژوهش‌های مختلفی در رابطه با تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی گیاه ریحان انجام گردیده است. در پژوهشی بر روی چهار رقم ریحان گزارش شده است که تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی سبب کاهش درصد، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاه‌چه و وزن تر و خشک گیاه‌چه گردید و جوانه‌زنی در ۲۰۰ میلی‌مولار نمک به‌طور کامل متوقف شد (Alirezaei Naqander et al., 2013). در پژوهش دیگری، رضایی و همکاران گزارش کردند که تنش شوری در گیاه ریحان سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید (Rezaei et al., 2019). رستمی و همکاران (Rostami et al., 2018) نیز گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، وزن تر گیاه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان گردید ولی بر وزن خشک گیاهچه اثر معنی‌داری نداشت. تنش شوری در گیاه دارویی ریحان بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، قدرت گیاه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اثر معنی‌داری داشت (Aghighi Shahvardi et al., 2013). نوری و فتحی (Nouri and Fathi, 2015) نیز گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، طول گیاهچه، بنیه بذر، وزن خشک گیاهچه و پروتئین ریحان گردید ولی فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را افزایش داد. تأثیر نامطلوب تنش شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات مرتبط با آن بذر ریحان در پژوهش دیگری نیز گزارش گردیده است (Ahmadi et al., 2015). در پژوهشی جهانبخش و همکاران گزارش کردند که تنش شوری سب کاهش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی بذر ریحان گردید (Jahanbakhsh et al., 2018).

تغییرات متابولیکی درونی بر مقاومت به شوری گیاهان اثرگذار بوده که از جمله این تغییرات می‌توان به تغییرات غلظت داخلی پروتئین ها و مشتقات آن اشاره نمود. پژوهش‌های مختلف بیانگرآن است که اسیدهای آمینه به

صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاه تأثیر گذار هستند (Faten et al., 2010). اسید های آمینه در بیوسنتز متابولیت های ثانویه و هورمونی گیاه نقش مهمی داشته (De Lille et al., 2011; Maeda and Dudareva, 2012) و سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیر زیستی می‌شوند. گیاهان جهت کاهش آثار تنش، ترکیبات مختلفی تولید می‌کنند که غالباً حاوی اسیدهای آمینه هستند. اما بیوسنتز اسیدهای آمینه برای گیاه با صرف انرژی همراه است. بنابراین کاربرد خارجی ترکیبات حاوی اسیدهای آمینه در گیاهان تحت تنش، نیاز ساخت آن را توسط گیاه برطرف نموده و این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Popko et. al., 2014).

پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد اسیدهای آمینه از طریق پیش‌تیمار با بذر می‌تواند سبب بهبود رشد شود زیرا این مولکول‌ها می‌توانند به عنوان پیام‌رسان برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی مفید گیاهان عمل کنند (Sadak et al., 2014). در پژوهشی گزارش شده است که پوشش‌دار کردن بذر چغندرقند با ترکیبات مختلف از جمله اسیدآمینه سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه گردید (Farzaneh et al., 2021). در پژوهش دیگری گزارش شده است که محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر سویا با ترکیبات حاوی اسید آمینه سبب بهبود متابولیسم نیتروژن و عملکرد دانه گردید (Teixeira et al., 2018). تیمار بذرهای سویا با آمینو اسیدها سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گردید (Dörr et al., 2018). پیش‌تیمار کردن بذر جو با انواع آمینو اسیدها سبب کاهش اثرات تنش بر جوانه‌زنی گردید (El-Shourbagy, & Abdulla, 1975). کاربرد آلفا آمینو بوتریک اسید تحت شرایط تنش شوری سبب بهبود جوانه‌زنی و مقاومت به شوری گیاهچه‌های کاهو گردید (Kalhor et al., 2018). گزارش شده که پیش‌تیمار کردن بذر سویا با اسیدآمینه سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید (Teixeira et al., 2017). در پژوهشی گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن نخود با بتا آمینو بوتریک اسید سبب افزایش جذب آب، کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، افزایش شاخص جوانه‌زنی، افزایش شاخص بنیه بذر، افزایش ضریب آلومتری، افزایش طول ریشه‌چه، افزایش وزن خشک ریشه، افزایش وزن تر و خشک شاخساره، افزایش طول شاخساره در شرایط تنش شوری گردید (Elradi et al., 2022). در پژوهش دیگر گزارش گردیده که ترکیب انواع اسیدهای آمینه سبب افزایش وزن خشک ساقه‌چه و درصد پروتئین ریشه‌چه و ساقه‌چه جو در شرایط تنش شوری گردید ولی بر وزن خشک ریشه‌چه تأثیری نداشت (El-Shourbagy & Abdulla, 1975). همچنین گزارش شده که کاربرد اسیدآمینه آرژنین باعث بهبود جوانه‌زنی بذر کلزا گردید (Nasibi et al., 2014). در پژوهش دیگری گزارش شده است که پیش‌تیمار پیاز لاله واژگون با اسید آمینه آرژنین سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص بنیه، وزن تر و خشک ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه گردید (Alipour et al., 2019).

با توجه به آثار تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر ریحان، نقش اسیدهای آمینه در گیاهان و همچنین تأثیراتی که پیش‌تیمار کردن بذر بر مقاومت به شوری گیاهان در مرحله جوانه‌زنی دارد، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات پیش‌تیمار بذر ریحان با اسید آمینه اِل- سیستئین بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی تحت شرایط تنش شوری طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۱ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در اتاقک رشد آزمایشگاه فیزیولوژی و گیاهان دارویی دانشکده فنی و حرفه‌ای دختران دکتر شریعتی استان تهران

اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف شوری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و اسید آمینه (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار) بود. منبع شوری نمک کلریدسدیم (NaCl) تهیه شده از شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۹/۵ درصد بود. اسید آمینه مورد استفاده نیز ال-سیستئین (L-cysteine) با فرمول شیمیایی $C_3H_7NO_2S$ ساخت شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۷ درصد بود.

جهت اجرای آزمایش ابتدا بذر گیاه دارویی ریحان سبز (رقم Genovese تولید کشور ایتالیا در سال ۲۰۲۱ میلادی) از داروخانه گیاه‌پزشکی استان تهران تهیه گردید. سپس بذرها با هیپوکلریت سدیم دو درصد به‌مدت پنج دقیقه ضدعفونی و سپس پنج مرتبه با آب مقطر آب‌شویی شدند (Rostami et al., 2018). نصف بذرها به مدت ۱۲ ساعت در محلول ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار اسید آمینه پیش‌تیمار شدند، پس از گذشت مدت زمان مذکور، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفتند تا دهیدراته شوند. به منظور خنثی کردن اثرات هیدرو پرایمینگ، نصف بذرهای باقیمانده نیز به مدت ۱۲ ساعت درون آب مقطر قرار گرفتند و سپس خشک در تاریکی قرار داده شدند تا دهیدراته شوند (Bahmani *et al*., 2014). در ادامه ظروف پتری‌دیش پلاستیکی یک‌بار مصرف با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متری تهیه و داخل هر پتری دو عدد کاغذ واتمن (واتمن شماره ۴۵) قرار داده شد. سپس داخل هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر قرار داده و به هر پتری‌دیش مقدار پنج میلی‌لیتر از غلظت‌های مورد نظر تهیه شده شوری اضافه گردید (Fallahi *et al.*, 2009). کل نمک محلول مورد نیاز برای تهیه غلظت‌های شوری زیر ۵ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه ۱ و برای غلظت‌های بالای ۵ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه ۲ استفاده شد و هدایت الکتریکی نهایی مجدداً با هدایت‌سنج کنترل شد.

رابطه ۱ $TDS\ (mg\ NaCl) = EC \times 640$

رابطه ۲ $TDS\ (mg\ NaCl) = EC \times 840$

پس از اعمال شوری، درب پتری‌ها با پارافیلم مسدود و در داخل اتاقک رشد با دمای ۲±۲۵ سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۸۵ درصد و شرایط تاریکی قرار داده شدند (Ghassemi Golezani and Dalil, 2011) و هر ۲۴ ساعت تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش گردید. معیار تعیین جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه به طول حدوداً دو میلی‌متر از پوسته بذر بود (Hardegree and Van Vactor, 2000). آزمایش به مدت ۱۰ روز ادامه داشت. پس از گذشت این مدت، آزمایش متوقف و صفات مورد نظر اندازه‌گیری گردید.

درصد جوانه‌زنی طریق رابطه ۳ محاسبه گردید (Pirasteh Anoshe et al., 2011)

رابطه ۳ $GP = 100 \times NG / NT$

NG تعداد بذور جوانه زده، NT تعداد کل بذور و GPدرصد جوانه‌زنی می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه ۴ برآورد گردید (Pirasteh Anoshe et al., 2011).

رابطه ۴ $GR = \Sigma N / DN$

که در آن GR سرعت جوانه‌زنی، N تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک روز و DN تعداد روزها از زمان شروع جوانه‌زنی است. تعداد ۱۰ عدد گیاهچه انتخاب شده برای اندازه‌گیری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه درون فویل‌های آلومینیومی گذاشته و به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک گیاهچه‌ها با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (ISTA, 1995). پس از اتمام آزمایش، ۱۰ گیاهچه از هر ظرف پتری انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش اندازه‌گیری گردید (ISTA, 2002). یکنواختی جوانه‌زنی نیز با استفاده از رابطه ۵ محاسبه

گردید (Soltani et al., 2001)

رابطه ۵ $GU= D_{10} - D_{90}$

که در آن D_{10} نشان‌دهنده مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی و D_{90} مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد. مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی بذرها توسط برنامه Germin در نرم‌افزار Excel محاسبه گردید (Soltani and Maddah, 2010).

نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه (ضریب آلومتری) طبق رابطه ۶ محاسبه گردید (Reddy and Khan, 2001).

رابطه ۶ $CA= L_S \div Lr$

L_S طول ساقه‌چه و L_r طول ریشه‌چه را معرفی می‌نماید. شاخص بنیه بذر نیز طبق روش (Verma et al, 2003) با استفاده از رابطه زیر (رابطه ۷) محاسبه گردید که در آن VI: شاخص بنیه بذر، RL: طول ریشه چه (میلی‌متر)، SL: طول ساقه‌چه (میلی‌متر) و GP: درصد جوانه‌زنی است.

رابطه ۷ $VI= (RL + SL) \times GP$

پس از اتمام آزمایش، نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Kolmogorov–smirnov بررسی و با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمار شوری، اسید آمینه و اثر متقابل شوری × اسید آمینه در سطح احتمال یک درصد ($P\leq ۰/۰۱$) بر درصد جوانه‌زنی بذر بود (جدول ۱). پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه تا شوری ۳ دسی‌زیمنس تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذر نداشت ولی در غلظت‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس، سبب کاهش اثرات تنش شوری شده و در نتیجه درصد جوانه‌زنی بذر را افزایش داد (جدول ۲). کمترین درصد جوانه‌زنی با ۶۹ درصد در غلظت ۹ دسی‌زیمنس شوری مشاهده گردید (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی بذر نیز تحت تأثیر تیمار شوری، اسید آمینه و اثر متقابل شوری × اسید آمینه قرار گرفت (جدول ۱). کمترین و بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر با ۷/۹۰ و ۳/۷۵ (بذر/ روز) به ترتیب در تیمار شوری ۹ دسی‌زیمنس و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲). پیش تیمار کردن بذر در شرایط بدون شوری، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد ولی تا شوری ۶ دسی‌زیمنس، غلظت اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید در حالی که در شوری ۹ دسی‌زیمنس تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی نداشت (جدول ۲). در شرایط تنش شوری، جذب آب توسط بذر به کندی انجام شده (خشکی فیزیولوژیکی)، در نتیجه فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی با سرعت کمتری انجام می‌شود، در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و متعاقب آن سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش می یابد. همچنین تحت شرایط تنش شوری، یون های شوری‌زا توسط بذر جذب و در نتیجه به علت کاهش شیب پتانسیل آب بین محیط بیرون و بذر، خروج ریشه‌چه با تأخیر می‌افتد (Makar et al., 2009). کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر ریحان در پژوهش‌های متعددی اثبات شده است. گزارش شده که تنش شوری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه ریحان گردید (Alirezaei Naqander et al., 2013; Rostami et al., 2018; Rezaei et al., 2019; Aghighi Shahvardi et al., 2013; Nouri and Fathi, 2015; Ahmadi et al., 2015; Jahanbakhsh et al., 2018) که با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر همخوانی دارد.

در رابطه با اثر اسید آمینه بر جوانه‌زنی، به نظر می‌رسد که اسیدهای آمینه با نقش بافری خود سبب بهبود جذب آب شده در نتیجه از این طریق در صد و سرعت جوانه‌زنی بذرها را افزایش داده باشد. از سوی دیگر، با توجه به نقش اسیدهای

آمینه در تولید پلی‌آمین‌ها، افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به تحریک بیوسنتز پلی‌آمین‌ها توسط اسیدهای آمینه نیز ارتباط داد (Alipour et al., 2019). تأثیر مثبت اسید آمینه بر جوانه‌زنی گیاهان نیز گزارش گردیده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر ریحان تحت تأثیر تنش شوری و پیش‌تیمار با اسید آمینه.

Table 1- Analysis of variance of related to the germination of basil seed under the salinity stress and priming with amino acid

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه‌چه Length of plumule
شوری (S) Salinity	3	719.46**	17.83**	67.07**	37.52**
اسید آمینه (Aa) Amino acid	2	222.39**	1.68**	60.77**	26.27**
شوری × پیش‌تیمار (S × A)	6	216.39**	2.26**	14.40**	2.35ns
خطای آزمایشی Experimental error	36	5.03	0.35	3.29	1.73
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	2.47	9.37	8.18	7.69

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری درسطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.

جدول ۲- مقایسات میانگین اثر متقابل شوری × پیش‌تیمار با اسید آمینه بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر ریحان.

Table 2- Mean comparison of interaction effect salinity × priming with amino acid on related to the germination of basil

شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (ds/m)	اسید آمینه (میکرومولار) Amino acid (µM)	درصد جوانه‌زنی (درصد) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر/ روز) Germination rate (Seed/ Day)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Length of radicle (mm)
0	0	97.5±0.5a	3.75±0.58a	21.25±2.75def
	100	97.25±0.5a	5.59±0.51b	27.25±0.95ab
	200	97.75±0.5a	4.79±0.48ab	28.25±2.5a
3	0	95.75±0.9ab	5.46±0.69b	20.5±2.64efg
	100	97.25±0.5a	5.65±0.58b	24.25±0.95bcd
	200	96.75±0.5a	6.31±0.46bc	24±0.81bcd
6	0	90.25±1.7b	7.11±0.73d	24.75±1.70bc
	100	96±0.8a	7.09±0.78c	23.75±1.70cde
	200	76. 5±1.1d	6.13±0.74bc	23.75±1.71cde
9	0	69±1.8e	7.90±0.46d	17.25±2.06g
	100	89.5±2.4b	7.83±0.46d	20.25±1.25fg
	200	85.25±1.29c	7.60±0.47d	22.5±1.29c-f

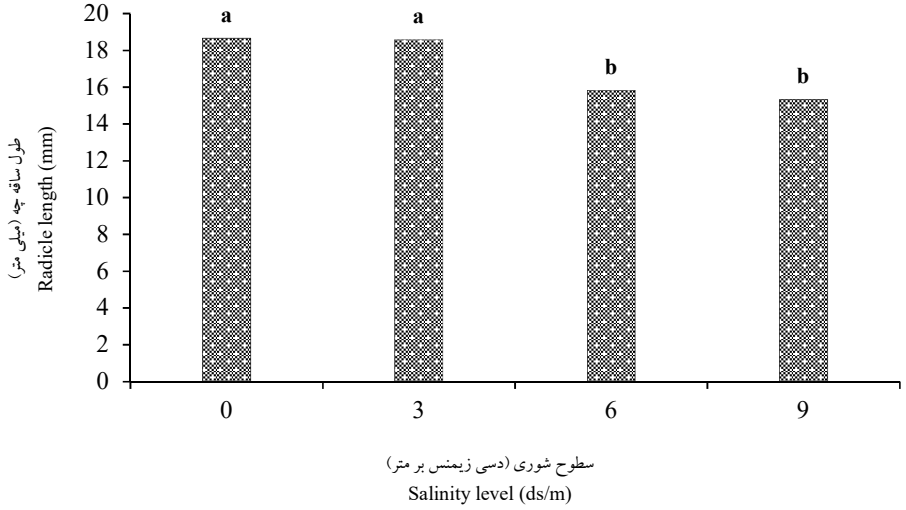
در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

بیان کرده‌اند که پیش‌تیمار پیاز لاله واژگون با اسید آمینه آرژنین سبب افزایش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی گردید (Alipour et al., 2019). همچنین در پژوهش دیگری گزارش شده است که پیش‌تیمار کردن با بتا آمینوبوتریک اسید سبب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش سرعت جوانه‌زنی نخود در شرایط تنش شوری گردید (Elradi et al., 2022) که مشابه با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

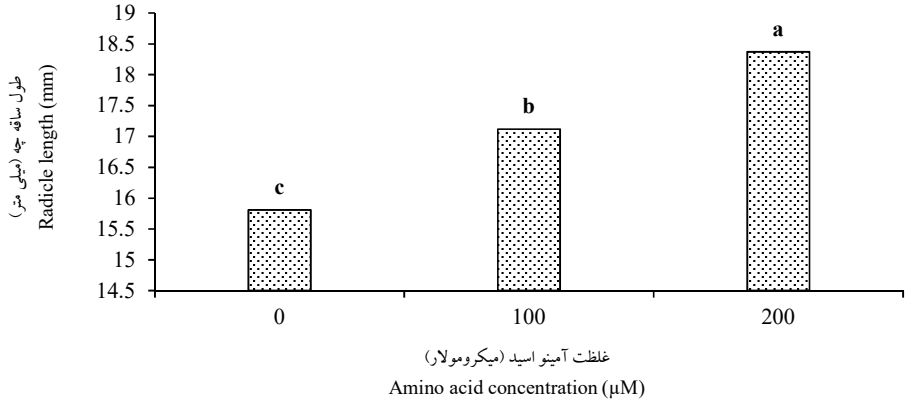
طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار شوری، اسید آمینه و اثر متقابل شوری × اسید آمینه قرار گرفت (جدول ۱). همچنین تیمار شوری و اسید آمینه بر طول ساقه‌چه اثر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) داشت اما اثر متقابل شوری × اسید آمینه بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). پیش‌تیمار کردن بذر با اسید آمینه سبب افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش و بدون تنش گردید به‌طوری که در تیمار شوری صفر دسی‌زیمنس (تیمار شاهد)، پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه ۲ در هزار بالاترین طول ریشه چه (۲۸/۲۵ میلی‌متر) را دارا بود (جدول ۲). تیمار شاهد ۹ دسی‌زیمنس شوری با ۱۷/۲۵ میلی‌متر نیز کمترین طول ریشه‌چه را داشت (جدول ۲). تنش شوری تا ۳ دسی‌زیمنس تأثیری بر طول ساقه‌چه نداشت ولی در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس به ترتیب سبب کاهش ۸۲/۱ و ۸۴/۸ درصدی طول ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد گردید(شکل ۱). همچنین کمترین و بیشترین طول ساقچه با ۱۵/۸۱ و ۱۸/۳۷ میلی‌متر در تیمار شاهد و پیش‌تیمار بذر با ۲۰۰ میکرومولار اسید آمینه مشاهده گردید (شکل ۲). به‌طور کلی، رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه از حساسیت بیشتری نسبت به شوری برخوردار است. اعتقاد بر این است که کاهش طول ساقه‌چه در اثر تنش شوری می‌تواند به علت کاهش رشد سلول و ساخت مواد دیواره‌ای باشد (Francois,1994). در شرایط تنش شوری تولید هورمون سیتوکینین در ریشه‌چه متوقف می شود به همین جهت طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای اندازه گیری تحمل به تنش شوری در گیاهان مختلف می تواند محسوب شود (Noor et al., 2001). نتایج نشان‌دهنده افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذرهای پیش‌تیمار شده با اسید آمینه بود.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری بر طول ساقه‌چه ریحان.

Figure 1- The effect of different levels of salinity on the length of plumule of basil



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه بر طول ساقه‌چه ریحان.

Figure 2- The effect of different levels of amino acid on the length of plumule of basil.

افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش شوری را این گونه می‌توان استدلال کرد که آمینو اسیدها به‌عنوان ترکیبات نیتروژن‌دار آلی به عنوان بلوک‌های ساختمانی در سنتز پروتئین‌ها نقش داشته و برای تحریک رشد سلول‌ها بسیار مهم هستند، زیرا به علت داشتن گروه اسیدی و بازی همانند بافر عمل کرده که به حفظ اسیدیته مناسب درون سلول گیاهی کمک می‌کنند (Gendy and Nosir, 2016). از سوی دیگر، اسیدهای آمینه در تحریک بیوسنتز جیبرلین نیز نقش داشته و از این طریق نیز بر بر شد گیاه مؤثر است می توان به نقش اسیدهای آمینه در بیوسنتز جیبرلین ارتباط داد که از این طریق سبب افزایش رشد و تکامل گیاه می‌شود (Waller and Nawacke, 1978). در رابطه با تأثیر اسید آمینه بر گیاهان، گزارش شده که پیش‌تیمار پیاز لاله واژگون با اسید آمینه آرژنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را افزایش داد (Alipour et al., 2019). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده که پیش‌تیمار کردن بذر نخود با بتا آمینو بوتریک اسید سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش شوری گردید (Elradi et al., 2022) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

وزن تر و خشک گیاه‌چه

تیمار شوری در سطح احتمال یک درصد (P≤۰/۰۱) و تیمار اسید آمینه در سطح احتمال پنج درصد (P≤۰/۰۵) بر وزن تر گیاه‌چه اثر معنی‌داری داشت ولی اثر متقابل تیمار شوری × اسید آمینه بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). وزن تر گیاهچه تا شوری ۳ دسی‌زیمنس با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در غلظت شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس وزن تر گیاه‌چه به ترتیب برابر با ۰/۰۲۷ و ۰/۰۲۳ گرم بود (شکل ۳). پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه سبب افزایش قابل ملاحظه وزن تر گیاهچه گردید (شکل ۴). وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر شوری، اسید آمینه و اثر شوری × اسید آمینه قرار گرفت (جدول ۳). شوری سبب کاهش وزن خشک گیاه‌چه گردید ولی اسید آمینه با کاهش اثرات شوری، سبب افزایش وزن خشک گیاه‌چه شد (جدول ۴). بیشترین وزن خشک گیاهچه (۰/۳۰ گرم) تحت شرایط بدون شوری و اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار مشاهده گردید (جدول ۲). کمترین وزن خشک گیاه‌چه نیز با ۰/۱۱ گرم در تیمار شاهد ۹ دسی‌زیمنس شوری مشاهده گردید (جدول ۴). گزارش کرده‌اند که تنش شوری سبب کاهش وزن تر و خشک گیاه‌چه ریحان گردید (Alirezaei Naqander et al., 2013; Rezaei et al., 2019; Ahmadi et al., 2015) که با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشد. هر چند در پژوهش دیگری گزارش شده که تنش شوری وزن تر گیاهچه ریحان را کاهش داد ولی بر وزن

خشک آن اثر معنی‌داری نداشت (Rostami et al., 2018) که بر خلاف نتایج این پژوهش می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اسید آمینه بر وزن تر و خشک گیاه‌چه اثر مثبت و افزایشی داشت که دلیل آن را می‌توان به نقش اسیدهای آمینه در بیوسنتز جیبرلین ارتباط داد که از این طریق سبب افزایش رشد و تکامل گیاه می‌شوند (Waller and Nawacke, 1978). پیش‌تیمار کردن بذر نخود با بتا آمینو بوتریک اسید سبب افزایش وزن خشک ریشه چه و ساقه چه نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش شوری گردید (Elradi et al., 2022). در پژوهش دیگری گزارش شده که وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه پیاز لاله واژگون در اثر پیش‌تیمار کردن با اسید آمینه آرژنین افزایش معنی‌داری داشت (Alipour et al., 2019). در پژوهش دیگر انجام شده گزارش گردیده که اسید آمینه سبب افزایش وزن خشک ساقه‌چه جو در شرایط تنش شوری گردید ولی بر وزن خشک ریشه‌چه تأثیری نداشت (El-Shourbagy & Abdulla, 1975) که مشابه با نتایج پژوهش حاضر است.

شاخص بنیه بذر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمار شوری، اسید آمینه و اثر متقابل شوری × اسید آمینه بر شاخص بنیه بذر بود (جدول ۳). شوری سبب کاهش شاخص بنیه بذر گردید ولی پیش‌تیمار کردن بذر با ترکیب اسید آمینه اثر مثبتی بر شاخص بینه بذر داشت و سبب افزایش آن گردید (جدول ۴). اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار با ۴۶/۹ بالاترین شاخص بنیه بذر را در تیمار شاهد داشت (جدول ۴). هر چند با اسید آمینه ۱۰۰ میکرومولار در شرایط بدون شوری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). تیمار شاهد غلظت ۹ دسی‌زیمنس شوری نیز با ۲۱/۲۰ کمترین شاخص بینه بذر را دارا بود (جدول ۴). نوری و فتحی (Nouri and Fathi, 2015) در پژوهشی گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش بنیه بذر ریحان گردید. کاهش شاخص بنیه بذر ریحان در شرایط تنش شوری در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده است (Alirezaei Naqander et al., 2013; Rezaei et al., 2019; Aghighi Shahvardi et al., 2013) که با نتایج به دست آمده پژوهش حاضر در یک راستا می‌باشد.

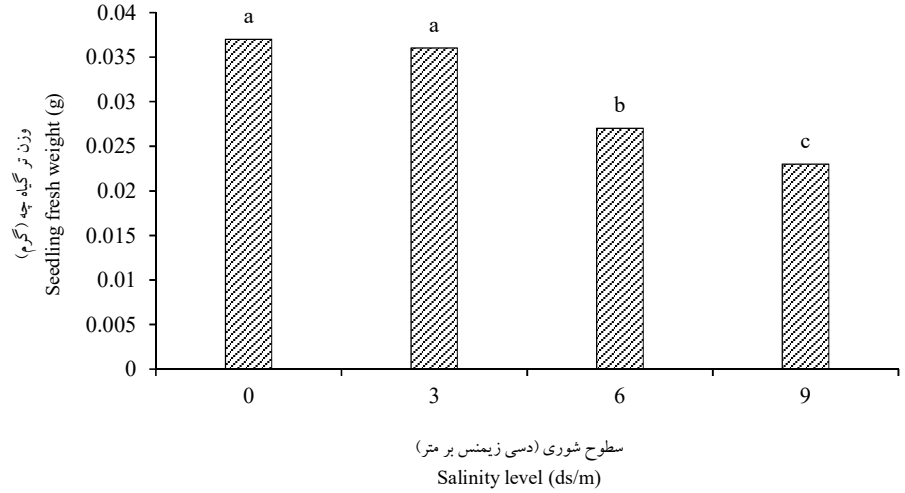
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر ریحان تحت تأثیر تنش شوری و پیش‌تیمار با اسید آمینه.

Table 3- Analysis of variance of related to the germination of basil seed under the salinity stress and priming with amino acid.

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	وزن تر گیاه‌چه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاه‌چه Seedling dry weight	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	ضریب آلومتری Coefficient of Allometry
شوری (S) Salinity	3	0.00051**	0.00037**	464.57**	5070.96**	0.053**
اسید آمینه (Aa) Amino acid	2	0.00005*	0.00043**	194.82**	481.49**	0.010ns
شوری × پیش‌تیمار (S × A)	6	0.000006ns	0.00001**	53.34**	127.34**	0.016ns
خطای آزمایشی Experimental error	36	0.00001	0.0000002	5.42	9.71	0.007
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	10.30	7.25	6.33	12.36	11.38

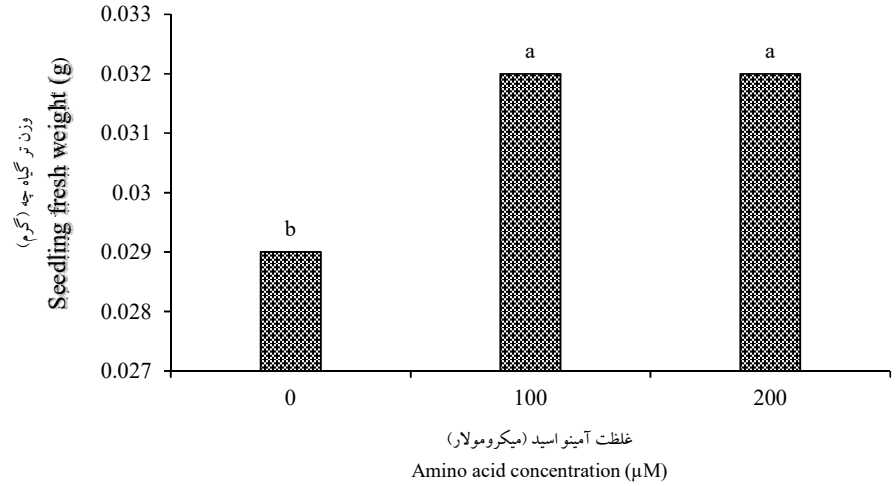
*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری درسطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, ** and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف شوری بر وزن تر گیاه‌چه ریحان.

Figure 3- The effect of different levels of salinity on the seedling fresh weight of basil.



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف اسید آمینه بر وزن تر گیاه‌چه ریحان.

Figure 4- The effect of different concentration of amino acid on the seedling fresh weight of basil.

افزایش شاخص بنیه بذر در نتیجه تأثیر اسیدآمینه را این‌گونه می‌توان استدلال کرد که اسیدهای آمینه با تحریک بیوسنتز برخی ترکیبات مانند جیبرلین‌ها (Waller and Nawacke, 1978)، پلی‌آمین‌ها (Alipour et al., 2019) و همچنین بهبود جذب آب و تنظیم ا سیدیته داخل سلولی (Gendy and Nosir, 2016) در نهایت منجر به بهبود شاخص بنیه بذر شده است. پیش‌تیمار کردن بذر نخود با ترکیب بتا آمینو بوتریک اسید شرایط تنش شوری سبب افزایش شاخص بینه بذر گردید (Elradi et al., 2022). همچنین گزارش شده که شاخص بنیه پیاز لاله واژگون در اثر پیش‌تیمار کردن با اسید آمینه آرژنین افزایش یافت (Alipour et al., 2019)

که همگی مشـــابه با نتایج به دســـت آمده در این پژوهش می‌باشد.

جدول ۴- مقایسات میانگین اثر متقابل شوری × پیش‌تیمار با اسید آمینه بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر ریحان.

Table 4- Mean comparison of interaction effect salinity × priming with amino acid on related to the germination of basil.

شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (ds/m)	اسید آمینه (میکرومولار) Amino acid (µM)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity
0	0	0.021±002f	37.53±2.68cd	-9.18±1.02a
	100	0.027±002c	44.97±1.84ab	-6.96±0.85a
	200	0.030±001a	46.91±2.78a	-8.68±0.60a
3	0	0.017±001h	36.85±2.29d	-11.87±2.20a
	100	0.024±001e	42.06±0.91b	-8.46±1.30a
	200	0.029±002b	41.35±0.74bc	-10.15±1.15a
6	0	0.012±001j	35.43±2.88de	-38.46±3.10c
	100	0.015±002i	37.68±2.29cd	-26.86±2.57b
	200	0.025±001d	31.59±2.77e	-25.12±3.73b
9	0	0.011±003k	21.20±1.85f	-66.58±5.90e
	100	0.011±001k	31.54±0.97e	-47.15±3.64d
	200	0.019±002g	34.11±3.35de	-42.95±4.33cd

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

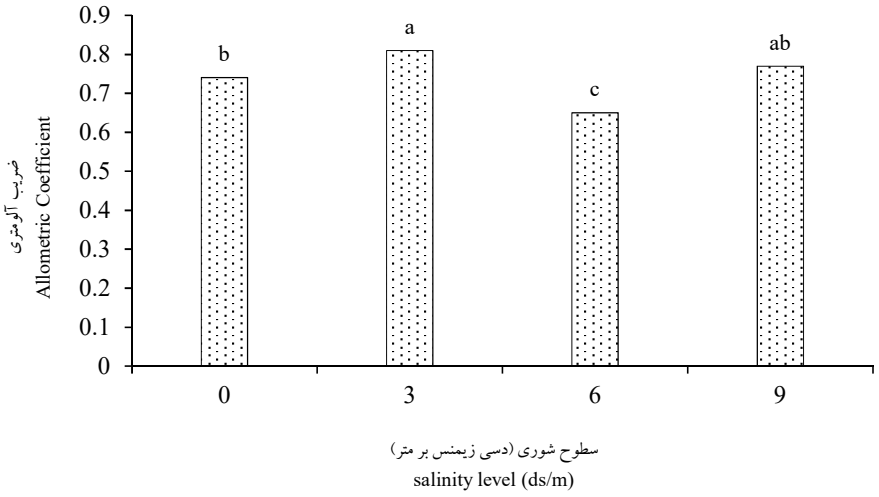
یکنواختی جوانه‌زنی

یکنواختی جوانه‌زنی تحت تأثیر تیمار شـــوری، اســـید آمینه و اثر متقابل شـوری × اسـید آمینه قرار گرفت (جدول ۳). تنش شـــوری ســـبب کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذر ریحان گردید در حالی که بذرهای پیش‌تیمار شده با ترکیب اســـید آمینه ســـبب افزایش یکنواختی جوانه‌زنی بذر گردید (جدول ۴). تا غلظت ۳ دسی‌زیمنس شوری، اسید آمینه تأثیر معنی‌داری بر یکنواختی جوانه‌زنی بذر نداشـــت (جدول ۴). تیمار شاهد غلظت ۹ دسی‌زیمنس شوری کمترین یکنواختی جوانه‌زنی بذر (۵۶/۶۸-) را داشـت (جدول ۴). جهانبخش و همکاران (Jahanbakhsh et al., 2018) گزارش کرد ند که تنش شـــوری ســـب کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذر ریحان گردید. کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذر ریحان در شرایط تنش شوری در پژوهش دیگری نیز اثبات گردیده (Aghighi Shahvardi et al., 2013) که مشابه با نتایج به دسـت آمده در پژوهش حاضـر اسـت. نتایج نشـان داد که بذرهای پیش‌تیمار شـده با اسـید آمینه ال سـیسـتئین سـبب افزایش یکنواختی جوا نه‌زنی بذر ریحان گرد ید. به نظر می‌رسـد اسـیدهای آمینه با کاهش نسـبت سـدیم به پتاسـیم داخل گیاه (Nasibi et al., 2014) و همچنین بهبود جذب آب سبب بالارفتن یکنواختی جوانه‌زنی بذرها شده باشد.

ضریب آلومتری

نتایج تجز یه وار یانس داده های آز مایش بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمار شـوری بر صـفت ضـریب آلومتری (نسـبت سـاقه‌چه به ریشـه‌چه) بود در حالی که پیش‌تیمار بذرها با ا سید آمینه و اثر متقابل شوری × ا سید آمینه از نظر آماری بر این صفت معنی‌داری نشد (جدول ۳). ضریب آلومتری در شوری ۳ د سی‌زیمنس بالاترین مقدار (۰/۸۱) را د اشت و نسـبت به تیمار شـاهد افزایش معنی‌داری داشـت ولی با

افزایش غلظت شوری ضریب آلومتری روند نزولی پیدا کرد (شکل ۵). افزایش نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را این گونه می‌توان استدلال نمود که در شرایط شوری، جذب آب به کندی انجام شده در نتیجه گیاه برای تداوم جذب آب، بیشترین انرژی ذخیره‌ای داخل بذر را به گسترش ریشه‌چه اختصاص داده، در نتیجه نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه افزایش می‌یابد. در پژوهشی گزارش شده است که تنش شوری سبب افزایش نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه ریحان شد (Aghighi Shahvardi et al., 2013). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پیش‌تیمار بذرها با اسید آمینه تأثیری بر ضریب آلومتری نداشت. الرادی و همکاران (Elradi et al., 2022) در پژوهشی گزارش کردند که بذر پیش‌تیمار شده نخود با بتا آمینو بوتریک اسید، ضریب آلومتری را در شرایط تنش شوری افزایش داد که با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری بر ضریب آلومتری بذر ریحان.
Figure 5- The effect of different levels of salinity on allometric coefficient of basil.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش شوری به‌طور معنی داری سبب کاهش صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر ریحان گردید که علت آن را می‌توان به کاهش پتانسیل اسمزی آب در شرایط شور نسبت داد که در نهایت منجر به کاهش جذب آب و همچنین سمیت یون‌های سدیم و کلر جذب شده توسط بذر می‌شود. نتایج نشان داد که پیش‌تیمار کردن بذور با اسید آمینه اثرات نامطلوب تنش شوری را کاهش داد که علت آن را می‌توان به نقش اسیدهای آمینه در کاهش نسبت جذب سدیم به پتاسیم، بهبود جذب آب و همچنین تحریک بیوسنتز برخی هورمون‌ها و شبه‌هورمون‌ها نسبت داد. تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری نداشت اما در غلظت‌های بالاتر کاهش معنی داری داشت. بذرو پیش‌تیمار شده با اسید آمینه تا شوری ۶ دسی‌زیمنس سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به تیمار شاهد داشتند اما در شوری ۹ دسی‌زیمنس اسید آمینه تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک گیاه‌چه و یکنواختی جوانه‌زنی در بذور پیش‌تیمار شده به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد

افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تا شوری ۳ دسی‌زیمنس تفاوت قابل ملاحظه‌ای در خصوصیات جوانه‌زنی بذر ریحان مشاهده نشده و پیش‌تیمار بذر با اسید آمینه ۲۰۰ میکرومولار، سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی ریحان تا شوری ۶ دسی‌زیمنس می‌شود.

منابع

Reference

Aghighi Shahvardi, M., B. Mamivand, and H. Ataie Sumagh. 2013. The effect of seed pretreatment with growth stimulating bacteria on germination indices of basil medicinal plant under salt stress. Res. Seed. 4(13): 38-50. (In Persian, with abstract English)

Ahmadi, M., Safarzadeh, Z., and M. Shaaban. 2015. Investigating the effect of seed pretreatment with salicylic acid on germination and growth characteristics of basil seedlings under salt stress conditions. Res. Seed. 5(3): 43-53. (In Persian, with abstract English)

Alipour, S., Tehranifar, A., Shoor, M., Samiei, L., and H. Farahmand. 2019. Role of stratification and priming with arginine and gibberellic acid on germination characters of *Fritillaria raddeana*. Iranian J. Seed Sci. Technol. 8(1): 19-30. Doi: 10.22034/ijsst.2019.114587.1112 (In Persian, with abstract English)

Alirezaei Naqander, M., Azizi, M., and A. Valizade Qalbek. 2013. Studying the effect of salinity stress on the characteristics of seed germination and seedling growth of four modified varieties of medicinal basil. Seed Sci. Technol. 2(4): 44-56.

Archangi, A., and M. Khodambashi. 2014. The effect of salinity on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation of basil (*Ocimum basilicum*) under hydroponic conditions. J. Sci. Technol. Greenhouse Cul. 5(17): 125- 138. (In Persian, with abstract English)

Bahmani, M., G. Jalali, and M. Tabari. 2014. Effects of halopriming on germination traits of medicinal plant caper small shrub (*Capparis spinosa* var. parviflora) seeds. J. Arid Biome. 4(1): 79-83.

Delavari, M., Enteshari, Sh., and Kh. Manoochehri Kalantari. 2014. Effects of response of *Ocimum basilicum* to the interactive effect of salicylic acid and salinity stress. Iranian J. Plant Physiol. 4(2): 983-990.

DeLille, J. M., Sehnke, P. C., and R. J. Ferl. 2011. The Arabidopsis 14-3-3 family of signaling regulators. Plant Physiol. 126: 35–38.

Dörr, C. S., Almeida, T. L. D., Panozzo, L. E., and L.O.B. Schuch. 2018. Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. J. Seed Sci. 40: 407-414. Doi: org/10.1590/2317-1545v40n4199311

Egata, D.F., Geja, W., and B. Mengesha. 2017. Agronomic and bio-chemical variability of Ethiopian sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions. Acad. Res. J. Agric. Sci. Res. 5 (7), 489-508. Doi: 10.14662/ARJASR2017.078

Elradi, S., Suliman, M., Zhou, G., Nimir, E., Nimir, N., Zhu, G., Jiao, X., Meng, T., Ibrahim, M. and A. Ali. 2022. Seeds priming with ß-aminobutyric acid alleviated salinity stress of chickpea at germination and early seedling growth. Chil. J. Agric. Res. 82(3): 426-436. Doi:org/10.4067/S0718-58392022000300426

El-Shourbagy, M. N., and O. A. Abdulla. 1975. Effect of amino acids on growth and protein content of salt-stressed barley seedlings. Phyton Ann. Bot. 17(1): 79-86.

Fallahi, J., M. Ebadi, and R. Ghorbani. 2009. The effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of clary (*Salvia sclarea*). Environ. Stresses Crop Sci. 1(1): 57-67. Doi:10.22077/escs.2009.7 (In Persian, with abstract English)

Farzaneh, S., khodadadi, SH., Khomari, S., and M. Barmaki. 2021. Effect of seed coating with compounds of micronutrient elements, growth stimulants and regulators on the emergence and early stages of sugar beet growth. Iranian J. Seed Sci. Technol. 10(1):103-122. Doi:10.22092/ijsst.2021.123801 (In Persian, with abstract English)

Faten, S., Abd El-Aal, F.S., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A. and A.R. Mahmoud. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. J. Agric. Biol. Sci. 6: 583-588.

Francois, L.E .1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. J. Agron. 86: 233-234. Doi: 10.2134/agronj1994.00021962008600020004x

Gendy Ahmed, S. H. and S. Nosir Walid. 2016. Improving productivity and chemical constituents of roselle plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) as affected by phenylalanine, L- tryptophan and peptone acids foliar application. Middle East J. Agric. Res. 5: 701-708.

Ghassemi-Golezani, K., and B. Dalil. 2011. Seed germination and vigor tests. J. D. M. Press, Iran. (In Persian, with abstract English)

Hanson, B., Grattan, S.R. and A. Fulton. 1999. Agricultural salinity and drainage. University of California, Davis: University of California Irrigation Program. Published in the United States of America by the Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, Calif., U.S. 95616.

Hardegree, S. P., and S. S. Van Vactor. 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. Ann. Bot. 85(3): 379-390. Doi: 10.1006/anbo.1999.1076

International Seed Testing Association (ISTA). 1995. Handbook of Vigor test methods. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

International Seed Testing Association (ISTA). 2002. ISTA News Bulletin No. 124, Zurich, Switzerland.

Jahanbakhsh, S., Parmoon, GH., Azad Ghojehbiglou, H., and A. Ghatei. 2018. Modeling hydrotime and threshold tolerance to salinity on germination different species Basil (*Ocimum basilicum*). Iranian J. of Seed Sci. and Technol. 7(2): 119-142. (In Persian, with abstract English)

Kalhor, M. S., Aliniaeifard, S., Seif, M., Asayesh, E. J., Bernard, F., Hassani, B., and T. Li. 2018. Enhanced salt tolerance and photosynthetic performance: Implication of ɤ-amino butyric acid application in salt-exposed lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. Plant Physiol. Biochem. 130: 157-172. Doi:10.1016/j.plaphy.2018.07.003

Maeda, H., and N. Dudareva. 2012. The shikimate pathway and aromatic amino acids biosynthesis in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 63: 73–105.

Makar, T.K., Turan, O. and Y. Ekmekcd. 2009. Effects of water deficit induced by PEG & NaCl on Chickpea (*Cicer arietium* L.) cultivars & lines at early seedling stages. Gazi Univ. J. Sci. 22(1): 5-14.

Makari, O., and S. Kintzios. 2008. *Ocimum* sp. (basil): Botany, cultivation, pharmaceutical propertie and biotechnology. J. Herbs Spices Med. Plants. 13: 123–150. Doi:10.1300/J044v13n03_10

Massai, R., Remorini, D., and M. Tattini. 2004. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. Plant and soil. 259(1): 153-162.

Naidoo, G., and Y. Naidoo. 2001. Effects of salinity and nitrogen on growth, ion relations and proline accumulation in Triglochin bulbosa. Wetlands Ecol. Manage. 9(6): 491-497.

Nasibi, F., Kalantari, K.M. and A.Barand. 2014. Effect of seed pre-treatment with L-arginine on improvement of seedling growth and alleviation of oxidative damage in canola plants subjected to salt stress. Iranian J. Plant Physiol. 5: 1217-1224. (In Persian, with abstract English)

Noor, E., Azhar, F.M., and A.L. Khan. 2001. Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. Int. J. Agric. Biol. 3(4): 345-347.

Nouri, M., and Sh. Fathi. 2015. The effect of salicylic acid on germination indices and biochemical changes of basil seeds (*Ocimum basilicum*) under salt stress conditions. Res. Seed. 5(2): 49-59. (In Persian, with abstract English)

Pirasteh Anoshe, H., Sadeghi, H., and Y. Emam. 2011. Chemical priming with urea and KNO_3 enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. J. Crop Sci. and Biotechnol. 14: 289-295. Doi: 10.1007/s12892-011-0039-x

Popko, M., R. Wilk, and H. Górecki. 2014. New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of keratin. Przem. Chem. 93: 1012–1015.

Reddy, Y.T.N., M.M. Khan. 2001. Effect of osmopriming on germination, seedling growth and vigour of khirni (*Mimusops hexandra*) seeds. Seed Sci. Res. 29 (1): 24-27.

Rezaei, L. Baradaran, M.H., and S. Bakhtiari. 2019. Effect of seed priming on germination characteristics and vegetative growth of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress condition. Res. J. Seed Sci. 9(3):1-11.

Rostami, G., Moghaddam, M., NarimaniT R., and L. Mehdizadeh. 2018. The effect of different priming treatments on germination, morphophysiological, and biochemical indices and salt tolerance of basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Keshkeni Levelou). Environ. Stresses Crop Sci. 11(4):1107-1123. Doi: 10.22077/escs.2018.1072.1213 (In Persian, with abstract English)

Sadak, M. S. H., Abdelhamid, M. T., and U. Schmidhalter. 2014. Effect of foliar application of amino acids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. Acta Biol. Colomb. 20, 141–152. Doi: 10.15446/abc.v20n1.42865.

Shakarami, B., Dianati-Tilaki, GH., Tabari, M., and B. Behtari. 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. during seeds germination and early growth stages. Iranian J. Range. Forests Plant Breed. Genet. Res. 18(2), 318-328. (In Persian, with abstract English)

Soltani, A., Galeshi, S., Zenali, E., and N. Latifi. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30:51-60.

Soltani, A., and V. Maddah. 2010. Simpie, Applied Programs for Education and Research in Agronomy. Ecological Agriculture Association, Shahid Beheshti Uni. press. (In Persian, with abstract English)

Tarchoune, I., Degl'Innocenti, E., Kaddour, R., Guidi, L., Lachaâl, M., Navari-Izzo, F., and Z. Ouerghi. 2012. Effects of NaCl or Na_2SO_4 salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. Acta Physiol. Plant. 34: 607-645. Doi:10.1007/s11738-011-0861-2

Teixeira, W.F., Fagan, E.B., Soares, L.H., Soares, J.N., Reichardt, K., and D.D. Neto. 2018. Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop. Front. Plant Sci. 9: 1-12. Doi:10.3389/fpls.2018.00396

Teixeira, W. F., Fagan, E.B., Soares, L.H., Umburanas, R.C., Reichardt, K., and D.D. Neto. 2017. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. Front. Plant Sci. 8: 1-14. Doi:10.3389/fpls.2017.00327

Verma, S. S., U. Verma and R. P. S. Tomer. 2003. Studies on seed quality parameters in deteriorating seed in Brassica (*Brassica compestris*). Seed Sci. Technol. 31: 389-396. Doi:10.15258/sst.2003.31.2.15

Waller, G.R. and E. K. Nowaki. 1978. Alkaliod, Biology and Metabolism in Plants. Plenum Press, New York. Doi:10.1007/978-1-4684-0772-3

Yang, Y., and Y. Guo. 2018. Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. New Phytol. 217(2): 523-539. Doi:10.1111/nph.14920