"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ٤، زمستان ١٤٠٠
(ص ١١٨-١٠٣)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 4, Winter 2022
(pp: 103-118)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.351728.1362
Research Article

بررسی نقش پرایمینگ با اسپرمیدین، گاما-آمینوبوتیریک اسید و هیدرو پرایمینگ بر تعدیل اثر تنش شوری در جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد بذر خیار (*Cucumis sativus* L.)رقم بیت آلفا

الهام جاودانی‌پور[1] و حسن فیضی[2]*

۱. دانش‌آموخته رشته گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت‌حیدریه
۲. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت‌حیدریه
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۲)

چکیده

به‌منظور ارزیابی نقش گاما-آمینوبوتیریک اسید (گابا) و اسپرمیدین بر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد بذر گیاه خیار تحت شرایط تنش شوری، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه تربت حیدریه در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل اول شامل پیش‌تیمار بذر با گابا، اسپرمیدین، کاربرد توام اسپرمیدین و گابا در دو سطح ۵ و ۱۰ میلی‌مولار، آب مقطر (هیدروپرایمینگ) و عدم پیش‌تیمار بذرها به عنوان شاهد بود و عامل دوم آبیاری گیاه با سه سطح شوری با غلظت صفر (آب مقطر به عنوان شاهد)، ۱/۸ و ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد کاربرد پرایمینگ بذور با گابا و اسپرمیدین در برخی صفات رشدی از جمله وزن‌تر ساقه و گیاهچه، طول ساقه و وزن خشک ریشه، تاثیر مثبت داشت به گونه‌ای که تنش شوری در تمام صفات رشدی و جوانه‌زنی اختلاف آماری ایجاد کرد. بیشترین درصد جوانه‌زنی، و شاخص جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش شوری و کاربرد اسپرمیدین ۵ و گابا ۱۰ میلی‌مولار و هیدروپرایمینگ مشاهده شد. تیمارهای هیدروپرایمینگ، اسپرمیدین و گابا تحت تیمار شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر بهبود رشد معنی داری را در گیاهچه خیار نسبت به تیمار بدون شوری باعث شدند. اعمال شوری، درصد جوانه‌زنی را از ۸۴٪ در شرایط عدم شوری به ۱۷/۳۳٪ در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد درحالی که افزایش شوری و کاربرد هر یک از تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش جوانه‌زنی نسبی شد. بر اساس نتایج بدست آمده چنین می‌توان استنباط کرد که کاربرد هیدروپرایمینگ و نیز استفاده از اسپرمیدین و گابا در گیاهان تحت تنش شوری موجب تخفیف اثر تنش گردید. لذا با توجه به کاربرد ارزان و راحت‌تر تیمار هیدروپاریمینگ نسبت به بقیه تیمارها، می توان هیدروپرایم را به عنوان تیمار کاربردی توصیه نمود.

کلمات کلیدی: اسمولیت‌ها، پلی‌آمین‌ها، جوانه‌زنی نسبی، شاخص بنیه گیاهچه، هیدروپرایمینگ.

Role of Spermidine and γ-Aminobutyric Acid and Hydro priming on alleviation of salinity effect in germination and growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Beit Alpha) seed

E. Javedani Pour[1], H. Feizi[2]*

1. B.S. Graduate, Plant production department, University of Torbat Heydarieh.
2. Associate Professor, Plant production department, University of Torbat Heydarieh.
(Received: Sept. 02, 2020 – Accepted: Dec. 22, 2020)

Abstract

In order to investigate Spermidine and γ-Aminobutyric Acid **(**Gaba) role on germination features and growth parameters of cucumber under salinity stress, an experiment was conducted as factorial layout based on the completely randomized design at university of Torbat Heydarieh, Iran in 2108. The first factor consists of seed priming with Gaba (5 and 10 mM), Spermidine (5 and 10 mM), the combination of them and hydropriming in distilled water, and no treatment. The second factor was three salinity levels (0, 1.8, 9.5 dS/m). Results showed that seed priming with Gaba and Spermidine positively affected the shoot and seedling fresh weight, root length, and root dry weight. The highest value of germination percent, relative germination, and germination index was seen in no salinity and 5 mM Spermidine and 10 mm Gaba application (by 19 percent more than control). Using hydropriming, Spermidine and Gaba significantly improved cucumber seedling growth under 9.5 dS/m salinity in comparison to zero salinity treatment. Salinity caused a reduction of germination percent from 84 to 17 %, but employing seed priming treatments caused an enhancement of relative germination in salinity condition. In other words employment of hydropriming and these amendments induced in the alleviation of salinity stress. In attention to application of hydropriming as an inexpensive and convenient method in comparison to other treatments it could be recommended.

Keywords: Hydropriming, Osmulyte, Polyamin, Relative germination, Vigor index.

* Email: h.feizi@torbath.ac.ir

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد، عملکرد و بهره‌وری گیاهان را در مناطق خشک و نیمه خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bertrand *et al*., 2015; Yu *et al*., 2017). تنش شوری به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در طول چرخه حیات گیاه و در تمام مراحل رشد از جمله فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم انرژی و چربی اثرات نامطلوبی دارد و میزان اثر منفی این تنش به سطح تحمل شوری گونه گیاه و برخی عوامل محیطی بستگی دارد (Hashemi *et al*., 2014). گیاهان برای مقابله با شوری از راهکارهای متنوعی استفاده می‌کنند تا اثرات ناشی از تنش را کاهش دهند. افزایش سنتز و انباشتگی اسمولیت‌ها[1] یکی از این راهکارهاست که موجب تداوم جذب آب شده و تنش اسمزی را تخفیف می‌دهد. از جمله اسمولیت‌های با وزن مولکولی کم می‌توان به پرولین، گلیسین بتائین و سرانجام پلی‌آمین‌ها اشاره نمود (Rhodes *et al*., 2004).

پلی‌آمین‌ها کاتیون‌های آلیفاتیک هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نموی گیاهان به‌عنوان تعدیل کننده‌های مهم مربوط به رشد و تمایز، مقاومت به تنش، القای تقسیم سلولی، جنین‌زائی، ریخت‌زائی، نمو گل، میوه و دانه و پیری نقش ایفا می‌کنند (Martin-Tanguy, 2001; Huang *et al*., 2017) که در پاسخ‌های متعدد به سیگنال‌های هورمونی به عنوان پیام‌رسان‌های ثانویه یا تنظیم‌کننده‌های رشد وارد عمل می‌شود (Pandey *et al*., 2000). مهم‌ترین پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین[2] (تری آمین)، اسپرمین[3] (تترا آمین) و پیش‌ساز آن‌ها پوترسین[4] (دی آمین) است که نقش اصلی در رشد و نمو گیاه، تثبیت ساختارهای سلولی و مقاومت به تنش دارند (Chen *et al*., 2019).

اخیراً نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، از جمله شوری مورد توجه قرار گرفته است (Groppa and Benavides, 2008). تحت تنش شوری، بیان ژن‌های درگیر در سنتز آنزیم‌ها از جمله آرژینین دکربوکسیلاز و فعالیت آن‌ها افزایش می‌یابد که تجمع پلی‌آمین‌ها را افزایش داده و منجر به مقاومت تنش شوری می‌گردد (Liu *et al*., 2008).

در بسیاری از منابع به افزایش تولید اسپرمیدین در هنگام در معرض قرار گرفتن گیاهان در تنش‌های شوری، خشکی، دمایی و فلزات سنگین اشاره شده است. علت افزایش مقاومت گیاهان در تنش‌ها ماهیت چند شکلی اسپرمیدین بیان شده است که به صورت یک آنتی‌اکسیدان، از بین برنده رادیکال‌های آزاد و پایدار کننده و محافظت کننده غشاء عمل می‌کند (Gonzalez-Aguilar *et al*., 1998). گزارش‌های مختلفی در مورد نقش پلی‌آمین‌ها در کاهش اثرات ناشی از تنش‌ها وجود دارد. در آزمایشی که توسط اسلانی و همکاران (Aslani *et al*., 2015) با مطالعه اثر اسپرمیدین در چهار غلظت (صفر، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بر ارقام خیار تحت تنش انجام شد، اثبات گردید که تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه در رقم رشید گردید؛ درحالی که تیمار ۱ میلی‌مولار حاکی از اثر بازدارندگی بر صفات جوانه‌زنی این رقم بود. پیش‌تیمار بذرهای بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) و مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) با پلی‌آمین‌های مختلف در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱، ۱/۵ میلی‌مولار قبل از اعمال شوری بیانگر کاهش اثرات شوری در گیاه بابونه توسط پوترسین و اسپرمیدین در گیاه مرزنجوش بود (Ali *et al*., 2009). در پژوهش شو و همکاران (Shu *et al*., 2012) محلول پاشی ۱ میلی‌مول بر لیتر اسپرمیدین بر گیاه خیار منجر به افزایش ظرفیت فتوسنتزی،

[1] Osmolytes
[2] Spermidine (Spd)
[3] Spermine (Spm)
[4] Putrescine (Put)

محتوای کلروفیل، کاروتنوئید و سطح برگ در شرایط تنش شوری گردید. همچنین محلول پاشی ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش محتوای کلروفیل و کارایی فعالیت فتوسیستم I و II و همچنین سبب کاهش نشت یون‌های کلسیم، پتاسیم و منیزیوم و نشت اسیدآمینه‌های آزاد در سلول‌های ریشه و برگ گیاه خیار تحت تنش شوری شد (Chattopadhayay *et al*., 2002).

گاما-آمینوبوتیریک اسید[1] (گابا) یک آمینواسید غیر پروتئینی چهار کربنه است که در همه انواع موجودات از جمله باکتری‌ها، گیاهان و جانوران مشاهده شده است و نقش مهمی در تنظیم پاسخ به تنش، رشد و توسعه گیاه دارد (Ramos-Ruiz and *et al*., 2018; Song *et al*., 2010). چندین مطالعه گزارش کرده‌اند که گابا اغلب در گیاهان در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده شامل خشکی، شوری، زخم، کمبود اکسیژن، شوک گرمایی و سرمایی، فشار اسمزی، سمیت فلزات سنگین و آلودگی با عوامل بیماری‌زا سریعا تجمع می‌یابد (Deewatthanawong *et al*., 2010). زارعی و همکاران (Zarei *et al*., 2018) گزارش کردند تحت تنش شوری،کاربرد گابا بر خصوصیات فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) موثر واقع شد و باعث افزایش تحمل به تنش شوری گردید. خیساندن بذور گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) با گابا نیز به طور قابل توجه‌ای باعث افزایش جوانه‌زنی و کاهش صدمات ناشی از تنش شوری گردید (Luo *et al*., 2011). اگرچه اطلاعات کمی درباره نقش خارجی گابا به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی در دسترس است، با این حال، سازوکاری که گابا تحمل به تنش‌ها را افزایش دهد به طور خالص شناخته نشده است.

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. از تیره کدوئیان[2] می‌باشد. با توجه به اینکه این گیاه حدود ۹۶ تا ۹۷٪ آب دارد ولی به علت فراوانی املاح معدنی، ویتامین و اسیدهای آلی آن در تغذیه مدرن امروزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از نظر اقتصادی خیار در بین سبزی‌های مهم مقام چهارم را بعد از گوجه‌فرنگی، کلم پیچ و پیاز داراست (FAOSTAT, 2014). در ایران در سال ۱۳۹۷ کل سطح زیر کشت این گیاه معادل ۵۵۰۹۳ هکتار با تولید ۱۴۴۹۸۱۷ تن بود (Ministry of Agriculture. 2018). این گیاه جزو گیاهان نیمه‌حساس به شوری طبقه‌بندی می‌شود (Alsadon *et al*., 2006).

با توجه به بررسی‌های انجام شده، چنانچه بتوان با روش‌های مختلف پرایمینگ جوانه‌زنی بذور را در شرایط تنش بهبود بخشید، می‌توان شاهد افزایش قدرت اولیه بذور، افزایش درصد و سرعت سبز شدن بذر و در نهایت افزایش عملکرد و بهره‌وری بود (Arbab Haghighi *et al*., 2017). بنابراین با توجه به اهمیت تغذیه‌ای، زراعی و اقتصادی خیار، تحقیق حاضر در راستای استفاده از فناوری آماده‌سازی بذر برای افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با اسپرمیدین و گاما-آمینوبوتیریک اسید یا گابا بر تعدیل اثر شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه خیار اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار جهت بررسی تاثیر سطوح مختلف گابا و اسپرمیدین بر بذر گیاه خیار در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. فاکتور اول شامل چهار نوع پیش‌تیمار بذر با گاما-آمینوبوتیریک اسید، اسپرمیدین، ترکیب اسپرمیدین و گابا در دو سطح ۵ و ۱۰ میلی‌مولار (Chen *et al*., 2019) و آب مقطر (هیدروپرایمینگ) به مدت زمان ۲ ساعت و عدم پیش‌تیمار بذرها به عنوان شاهد بود. مواد از شرکت سیگما (Sigma) تهیه شدند. فاکتور دوم آبیاری گیاه با سه سطح شوری غلظت صفر (شاهد یا

[1] - Gamma-aminobutyric acid
[2]. Cucurbitaceae

آب مقطر)، شوری ۱/۸ و ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر از منبع آب شور (آب چاه) بود. هر واحد آزمایشی شامل ۲۵ عدد بذر خیار رقم Beit Alpha (خیار فضای باز F1 تولید سال ۲۰۱۷) بود. با توجه به اینکه بذرها بسته بندی شده بودند و توسط شرکت تولیدکننده ضدعفونی شده بودند از ضدعفونی مجدد خودداری شد. داخل هر پتری به قطر ۸ سانتی متر یک کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد و با ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر به منظور آبیاری آغشته گردید و سپس به اتاقک رشد تاریک با دمای ۲۳ (±۱) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۷۵٪ منتقل شد (ISTA, 2009). در طول آزمایش هر روز بذور از نظر جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفتند. بذور جوانه‌زده در دوره های ۲۴ ساعت شمارش شدند. معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر بود (Miller and Chapman, 1978). جوانه‌زنی به مدت ۸ روز ادامه داشت و در پایان جوانه‌زنی صفاتی چون طول، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه تعیین گردید. برای بدست آوردن وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه از آون با دمای ۷۵ درجه سلیسیوس و در مدت زمان ۷۲ ساعت انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات متریک از کولیس و برای تعیین اوزان از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد. همچنین برخی صفات بر اساس روابط زیر محاسبه گردید:

۱) درصد جوانه‌زنی[1] (**GP**) (Ellis and Roberts, 1981):

$GP=\frac{\sum n_i}{N}\times 100$

ni تعداد بذرهای جوانه‌زده و N تعداد کل بذرهای هر تیمار

۲) سرعت جوانه‌زنی[2] (**GR**) (Maguire, 1962):

$GR=\sum(\frac{n_1}{t_1}+\frac{n_2}{t_2}+\frac{n_i}{t_i})$

ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز و ti روز جوانه‌زنی بذرهای مورد نظر

۳) جوانه‌زنی نسبی[3] (**RG**) (Rho and Kil, 1986):

$RG= (TGS/ CGS)\times 100$

TGS تعداد بذرهای جوانه‌زده تیمار و CGS تعداد بذرهای جوانه‌زده شاهد

۴) شاخص جوانه‌زنی[4] (**GI**) (Razeghi Yadak and Tavakkol Afshari, 2011):

$GI=\frac{7n_1+6n_2+5n_3+4n_4+3n_5+2n_6+1n_7}{7\times N}$

n تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز و N تعداد کل بذر

۵) شاخص بنیه گیاهچه[5] (**SI**) (Abdul-baki and Anderson, 1973):

$SI=\frac{GP\times LSh}{100}$

GP درصد جوانه‌زنی و Lsh میانگین طول گیاهچه (cm)

پیش از تجزیه آماری از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها اطمینان حاصل شد و نیازی به تبدیل داده‌ها مشاهده نشد. در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (Ver 9.3) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. ۵۴۳۲۱

نتایج وبحث

درصد جوانه‌زنی (GP)

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر ساده سطوح پرایمینگ و شوری و اثر متقابل این دو فاکتور، بیان‌کننده اختلاف معنی‌دار درصد جوانه‌زنی تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۱). نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از آن است که تجمع پلی‌آمین‌ها تحت تنش‌های

[1] Germination Percentage
[2] Germination Rate
[3] Relative Germination
[4] Germination Index
[5] Seedling Vigour Index

غیرزنده از جمله خشکی، شوری، دماهای پایین و فلزات سنگین اتفاق می‌افتد (Pang *et al*., 2007)، لذا بکارگیری اسپرمیدین در غلظت‌های بالا می‌تواند منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای جوانه‌زنی بذر خیار

Table 1- Analysis of variance in seed cucumber germination parameter

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		درصد جوانه‌زنی (GP)	سرعت جوانه‌زنی (GR)	جوانه‌زنی نسبی (RG)	شاخص جوانه‌زنی (GI)	بنیه گیاه‌چه (SI)	نسبت ریشه/ساقه (R/S)
پرایم بذر SP	7	1831.619**	123.57**	32502.49**	0.0026**	44.088**	8.4528**
تنش شوری SS	2	1414.888**	265.64**	829898.49**	0.00198**	326.62**	43.210**
پرایم بذر× تنش شوری SP× SS	14	357.619**	3.1766	21584.33**	0.00077**	1.9785	0.4671
خطا Error	48	40.888	2.5134	4241.960	0.00012	1.6069	0.7095
ضریب تغییرات (CV%)		7.12	12.67	7.20	10.20	12.39	18.11

** و *: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطوح احتمال ۱و ۵٪.

** and * indicate significant at 1 and 5% of probability levels, respectively.
df: Degrees of Freedom, SP: Seed Priming, SS: Salt stress, CV: Coefficient of variances, GP: Germination Percentage, GR: Germination Rate, RG: Relative Germination, GI: Germination Index and SI: Seedling Index.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاه‌چه خیار

Table 2- Analysis of variance in cucumber seedling growth

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares							
		وزن تر ساقه‌چه Shoot fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن تر گیاه‌چه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاه‌چه Seedling dry weight	طول ساقه‌چه Shoot length	طول ریشه‌چه Root length
پرایم بذر (SP)	7	0.0585	0.00141	0.0173	0.00012**	0.0922	0.000796	0.0596	24.0476**
تنش شوری (SS)	2	1.2503**	0.01738*	0.1709**	0.00211**	1.5146**	0.00838	1.26007**	255.319**
پرایم بذر× تنش شوری SP× SS	14	0.0868*	0.00113	0.0307	0.000086**	0.1528*	0.000793	0.2396**	0.9369
خطا (Error)	48	0.0452	0.0042	0.0165	0.000018	0.0665	0.00434	0.0717	1.0954
ضریب تغییرات (CV%)		16.84	19.81	18.84	12.35	16.89	12.99	14.07	11.72

** و *: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطوح احتمال ۱و ۵٪.

** and * indicate significant at 1 and 5% of probability levels, respectively.

با افزایش غلظت شوری درصد جوانه‌زنی بذور بطور معنی‌داری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که بیشترین درصد در شرایط غلظت صفر (شاهد) و کمترین درصد به سطح شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر تعلق داشت (جدول ۴). کاهش درصد سبز شدن بذور همراه با افزایش غلظت نمک مشابه نتایج حاصل از آزمایش خان و همکاران (Khan *et al*., 2009) بر روی فلفل (*Capsicum annuum* L.) بود. بر اساس نتایج یاگمور و کایدان (Yagmur and Kaydan, 2008) کاهش جوانه‌زنی و در نتیجه سبز شدن بذور در اثر افزایش سطوح تنش ممکن است به دلیل کاهش شیب پتانسیل آب بین بذور و محیط اطراف بذر باشد که در نتیجه سبب اختلال در سنتز آنزیم‌های مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌شود.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح پرایمینگ و شوری نشان داد در شرایط بدون تنش شوری، تیمار گابا ۱۰ و اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار، بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد و کمترین درصد در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) بود که با اختلاف ۴/۷۷٪ نسبت به بیشترین درصد جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری را نشان داد. در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر، هیدروپرایمینگ و اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار و در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، گابا ۵ و ۱۰ میلی‌مولار بالاترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری، درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش و با اعمال پرایمینگ این میزان افزایش پیدا کرد (جدول ۵). در شرایط عدم پرایمینگ، با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی از ۸۴٪ در شاهد به ۱۷/۳۳٪ در بالاترین غلظت شوری کاهش (کاهش ۳،۸۴٪ی) یافت در صورتی که با افزایش شوری و تیمار پرایمینگ درصد جوانه‌زنی از ۹۸/۶۶٪ در تیمار با گابا ۵ میلی مولار به ۹۶٪ در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر و ۹۴/۶۶٪ در بیشترین غلظت شوری کاهش یافت. این نتایج اثرات مثبت پرایمینگ را در کنترل و تعدیل اثرات منفی شوری نشان داد. بنا به گزارش ولدیانی و همکاران (Valadiani *et al*., 2006) روی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) و نتایج بدست آمده از صدیق و همکاران (Sadiq *et al*., 2003) روی گیاه پنبه (*Gosypium hirsutum* L.)، بیانگر آن است که با افزایش غلظت تنش شوری علاوه بر کاهش میزان رشد گیاه ازدرصد جوانه‌زنی نیز کاسته شد.

سرعت جوانه‌زنی (GR)

در جدول تجزیه واریانس سرعت جوانه‌زنی، اثر ساده تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بالاترین سرعت جوانه‌زنی(به ترتیب ۱۵/۰۵ بذر در روز) در تیمار اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار و کمترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار عدم پرایمینگ اتفاق افتاد (۳/۵۱ بذر در روز). که نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. سرعت جوانه‌زنی در اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار نسبت به هیدروپرایمینگ با میانگین ۰/۰۴ بذر در روز، افزایش داشت (جدول ۳). با افزایش تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۴). سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت بذر گیاهان است و معمولا با رشد و نمو محصولات زراعی و میزان محصول ارتباط مستقیم دارد (Balouchi and Ahmadpour Dehkordi, 2013). شاه‌کرمی و همکاران (Shakarami *et al*., 2011) بیان داشتند که افزایش شوری منجر به افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی و کاهش دیگر پارامترهای مورد بررسی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی شد. در آزمایش شاکری و همکاران (Shekari *et al*., 2010) نیز پیش‌خیساندن بذر گل گاوزبان (*Borago officinalis*) با پلی‌آمین‌ها (اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین) از طریق کاهش اثرات تنش و افزایش تولید مواد فتوسنتزی، سبب افزایش اندازه بذر تولید شده گردید و بذر دارای ذخایر غذایی بیشتر، از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود. برخی محققان معتقدند که قدرت بالاتر جذب آب در بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده به تاثیر مثبت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی منجر

می‌شود (Ghana and Schillinger, 2003). بخشی از پروتئین و کربوهیدرات بذر در اثر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده تجزیه و آماده شرکت در فرایند جوانه‌زنی می‌شود؛ که می‌تواند توجیهی برای تسریع سرعت جوانه‌زنی باشد (Pill and Korengle, 1997).

جوانه‌زنی نسبی (RG)

نتایج تجزیه واریانس صفت مورد مطالعه در آزمایش نشان داد که اثر ساده و اثر متقابل تیمارها بر این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر جوانه‌زنی نسبی نشان داد که برخلاف سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده، در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، تیمار گابا ۵ و ۱۰ میلی‌مولار با مقدار عددی یکسان از بیشترین درصد جوانه‌زنی نسبی برخوردار بودند که حاکی از مثبت بودن اثر متقابل شوری و پرایمینگ برای درصد جوانه‌زنی نسبی می‌باشد. در شرایط عدم شوری با تیمار عدم پرایمینگ کمترین درصد جوانه‌زنی نسبی اتفاق افتاد (جدول ۵). در شرایط بدون شوری و شوری ۱/۸ دسی-زیمنس بر متر اثر معنی‌داری دیده نشد در حالی که در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر داده‌ها با تیمار عدم پرایمینگ و برهمکنش ۵ میلی‌مولار دارای اختلاف معنی‌دار بودند(جدول ۵). کاربرد پلی‌آمین‌ها می‌تواند سبب بازگشت رشد یا کاهش مهار رشد طی تنش گردد که بیانگر تاثیر پلی‌آمین‌ها در کاهش آسیب سلولی ناشی از تنش می‌باشد (Ranjbar *et al*., 2017). افزایش سطوح پلی‌آمین‌ها علاوه بر شرایط محیطی گیاه به گونه گیاهی نیز بستگی دارد. بکارگیری اسپرمیدین خارجی ۱۰ میلی‌مولار با توجه به احتمال سنتز درونی پلی‌آمین‌ها تاثیر چندانی بر طول گیاه خیار نسبت به تیمار اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار نداشته است.

رشد گیاه‌چه خیار تحت تیمار بالاترین سطح شوری، اسپرمیدین و گابا در صفات رشدی وزن خشک ریشه، وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه، بیشتراز رشد گیاهان در شرایط فاقد شوری بود که می‌توان این تاثیر را به دلیل کاربرد گابا به عنوان یک اسمولیت سازگار (Shelp *et al*., 1999) و پلی‌آمین‌ها به عنوان اسموتیکوم و نیز برقرار کردن تعادل بار قلمداد کرد (Hajiboland and Ebrahimi, 2011). تجمع گابا به عنوان اسمولیت سازگار در سلول‌های گیاهی منجر به حفظ تورژسانس سلولی و همچنین محافظت از غشای سلولی، پروتئین، سوخت‌وساز گیاه و کاهش آسیب اکسیداتیو از طریق جلوگیری از هدر رفت آب سلول می‌گردد (Zarei *et al*., 2018). تحقیقات نیز نشان‌دهنده این است که تیمار با پلی‌آمین‌ها موجب تخفیف آسیب سلولی ایجاد شده در اثر تنش می‌شود. تاثیر مثبت اسپرمیدین احتمالا ناشی از نقش این ماده در افزایش فعالیت تقسیم سلولی، افزایش هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش آبسیزیک اسید است (Hussein *et al*., 2006).

شاخص جوانه‌زنی (GI)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده سطوح پرایمینگ و شوری و اثر متقابل این دو فاکتور، بیان‌کننده اختلاف معنی‌دار شاخص جوانه‌زنی تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۱). در شرایط بدون شوری بیشترین شاخص جوانه‌زنی در گابا ۱۰ و اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار حاصل شد. کمترین شاخص جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم پرایمینگ بود (به ترتیب ۰/۱۲۵ و ۰/۱۰۵). در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین و کمترین شاخص جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار و شاهد عدم پرایمینگ بود (به ترتیب ۰/۱۲۳ و ۰/۰۷۸). در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، گابا ۱۰ میلی-مولار و شاهد عدم پرایمینگ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۰/۱۱۸ و ۰/۰۲۱) (جدول ۵).

شاخص بنیه گیاه‌چه (SI)

یکی دیگر از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت بذر، شاخص ویگور بذر است که بیانگر درصد و پتانسیل جوانه‌زنی می‌باشد و از طریق درصد جوانه‌زنی نهایی و طول گیاه‌چه روی کیفیت بذر مؤثر است. بذرهایی که

دارای بنیه قوی‌تر باشند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های غیرزیستی دارند و از درصد بالای جوانه‌زنی و گیاه‌چه‌های قوی برخوردارنـد (Raiesi *et al.*, 2017). براسـاس نتـایج تجزیه واریانس، اثـر تیمارهـا بـر ایـن صـفت در سـطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). سطوح ۵ میلی‌مولار از هر محلول به نسبت سطوح ۱۰ میلـی‌مـولار از همـان محلـول، درصـد بـالاتری را نشـان داد. تیمـار گابـا ۵ میلـی‌مـولار بیشـترین شاخص بنیه گیاه‌چه را نشان داد (۱/۴۵٪ افزایش نسبت بـه شاهد عدم پرایمینگ) (جدول ۳). با افزایش تنش شـوری، شاخص بنیه بذر کاهش یافت (به ترتیب ۰/۲۶٪ کاهش در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بـر متـر و ۱/۱۶٪ در شـوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شرایط بدون شوری) (جـدول ۴). این نتایج با نتایج سایر محققان از جمله دو و همکـاران (Du *et al.*, 2007) در ذرت، زینگ و همکاران (Xin *et al.*, 2010) پیرامون پرایم گیاه زراعی بـرنج بـا اسـپرمیدین تحت تنش شوری و لی و همکـاران (Li *et al.*, 2014) در بذر شبدر در دمای پایین مطابقت دارد. هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2017) دریافتنـد کـه پـرایم بـذور ذرت شیرین با اسپرمیدین سبب افزایش جوانه‌زنی بذر و شاخص بنیه بذر می‌گردد. آنها اعلام نمودند که کاربرد اسپرمیدین محتوی جیبرلین و اتیلن را افزایش و همزمان غلظـت اسـید ابسزیک را در جنین در طی آبنوشی بذر کاهش داد.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین سطوح پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه خیار

Table 3- Mean Comparison of Priming levels on seed cucumber germination and seedling growth

تیمار Treatment	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (seed/day)	شاخص بنیه گیاه‌چه Seedling index	نسبت ریشه به ساقه R/S	طول ریشه Root length (cm)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (mg)	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg)	وزن خشک گیاه‌چه Seedling dry weight (mg)
Control	3.51 d	4.86 c	2.34 b	4.9544 b	0.19468 a	0.2552 a	0.2213 a
Hydropriming	14.38 ab	11.23 ab	4.90 a	9.5300 a	0.16191 a	0.2443 a	0.2008 a
Gaba 5 ppm	13.94 abc	11.93 a	5.27 a	10.0522 a	0.15563 a	0.2552 a	0.1923 a
Gaba 10 ppm	13.74 abc	10.46 b	4.63 a	9.0567 a	0.15992 a	0.2381 a	0.1967 a
Spermidine 5ppm	15.05 a	10.87 ab	4.76 a	9.2122 a	0.16117 a	0.2580 a	0.1978 a
Spermidine 10ppm	13.47 abc	10.67 ab	4.90 a	9.2556 a	0.16456 a	0.2385 a	0.2003 a
Mix 5 ppm	12.68 c	11.10 ab	4.91 a	9.7156 a	0.15642 a	0.3703 a	0.1906 a
Mix 10 ppm	13.24 bc	10.62 ab	5.47 a	9.6089 a	0.16185 a	0.2473 a	0.1982 a

در هر سطح بین تیمارهایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each row means followed by similar letters are not significantly different (p>0.05) using Duncan test.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین تنش شوری بر شاخص‌های رشدی گیاه‌چه خیار

Table 4. Mean Comparison of Salt stress on seedling growth

شوری Salinity dS/m	نسبت ریشه به ساقه R/S	شاخص بنیه گیاه‌چه Seedling Index	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (seed/day)	طول ریشه Root length (cm)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (mg)	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg)	وزن خشک گیاه‌چه Seedling dry weight (mg)
0	5.8717 a	13.6146 a	16.0829 a	11.9146 a	0.1450 b	0.3180 a	0.1831 b
1.8	4.8662 b	10.7602 b	11.9325 b	9.4092 b	0.1533 b	0.1661 b	0.1962 ab
9.5	3.2142 c	6.2953 c	9.5038 c	5.4458 c	0.1952 a	0.3060 a	0.2200 a

در هر سطح بین تیمارهایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each row means followed by similar letters are not significantly different (p>0.05) using Duncan test.

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر طول ریشه‌چه و اثر تنش شوری و اثر متقابل بر طول ساقه‌چه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز مشخص کرد در شرایط بدون شوری و شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین طول ساقه‌چه متعلق به تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) بود و در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، برهمکنش ۵ میلی‌مولار در بین تیمارها از طول ساقه‌چه بیشتری برخوردار بود و کمترین طول در تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) دیده شد (جدول ۵). پژوهش‌ها نشان داد پرایمینگ بذر، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را تغییر می‌دهد که این میزان تغییر، براساس گونه گیاهی و نوع پرایمینگ متفاوت است. مجدم و اسماعیل پور (Majdam and Esmailpour, 2010) گزارش کردند که طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در تیمار شاهد بیش از سایر غلظت‌های تنش شوری بود و با افزایش سطح تنش شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلیه تیمارهای هیدروپرایمینگ (۱۲ و ۲۴ ساعت)، نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. منوچهری کلانتری و نوح پیشه (Manochehri Kalantari and Noohpishe, 2012) نشان دادند طول ریشه‌چه فلفل تحت شرایط همزمان تنش شوری و اسپرمیدین، در غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و محلول کلرید سدیم ۱۵۰ میلی‌مولار، بیش از سایر تیمارها بود. نصیبی و همکاران (Nasibi *et al.*, 2013) معتقدند تنش شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) در گیاه دارویی بابونه باعث کاهش معنی‌دار طول ساقه می‌شود و پیش‌خیساندن بذور تحت تنش با اسپرمیدین (۰/۵ میلی‌مولار) اثر معنی‌داری بر طول ساقه ندارد. همچنین بیان کردند پیش‌تیمار بابونه تحت تنش با اسپرمیدین طول ریشه را افزایش می‌دهد. پلی‌آمین‌ها به‌عنوان مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی در محدوده وسیعی از فرآیندهای رشد و نمو، نظیر تقسیم سلولی، تکوین ریشه، اتحاد عملکرد سلولی و پایداری غشاها مشارکت دارند (Kaur-Sawhney *et al.*, 2003). افزایش طول ریشه‌چه در بعضی شرایط آزمایش را می‌توان به سرعت زیادتر جوانه‌زنی در این شرایط ربط داد (Hosseini and Nassiri Mahalati, 2007). در پژوهشی نشان داده شد که محول‌پاشی گندم با غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار بر لیتر گابا تحت تنش سرما باعث افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه شد (Malekzadeh *et al.*, 2012). طی آزمایشی گزارش شد که کاربرد خارجی گابا تحت تنش شوری باعث بهبود طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و وزن‌تر گیاه‌چه شد لی و همکاران (Li *et al.*, 2014) نشان دادند که پرایم بذور شبدر با اسپرمیدین تحت تنش آبی نه تنها سبب بهبود درصد جوانه‌زنی نمی‌شود بلکه باعث کوتاه شدن میانگین زمان جوانه‌زنی می‌شود و افزایش بنیه بذر، طول ریشه‌چه و وزن تر و خشک گیاه‌چه را در مقایسه با تیمار شاهد در بر دارد.

وزن‌تر و خشک ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاه‌چه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده تیمار پرایم بذور بر وزن خشک ریشه، اثر ساده تیمار تنش شوری بر وزن‌تر ساقه، ریشه و گیاه‌چه و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪، وزن خشک ساقه در سطح ۵٪ و اثر متقابل دو تیمار بر وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه در سطح ۵٪ و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین در صفت وزن خشک ساقه، بیشترین مقدار وزن خشک در تیمار عدم پرایمینگ دیده شد (۰/۱۹ سانتی‌متر). در صفت وزن‌تر ریشه، بیشترین وزن در تیمار برهمکنش ۵ میلی‌مولار (۰/۴۵٪ افزایش نسبت به شاهد عدم پرایمینگ) و کمترین در تیمار گابا ۱۰ میلی‌مولار (۰/۰۷٪ کاهش نسبت به شاهد عدم پرایمینگ) بدست آمد. بیشترین اوزان وزن‌تر و خشک گیاه‌چه به ترتیب در تیمارهای برهمنکش ۵ میلی‌مولار (۰/۲۸٪ افزایش نسبت به شاهد عدم پرایمینگ) و عدم پرایمینگ بدست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین تنش شوری نشان داد که وزن‌تر ریشه

(نسبت به شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر)، وزن‌تر و خشک ساقه و وزن‌تر و خشک گیاه‌چه با افزایش شدت تنش شوری افزایش یافت (جدول ۴). در شرایط بدون شوری بیشترین وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه در شاهد عدم پرایمینگ و بیشترین وزن خشک ریشه در گابا ۵ میلی‌مولار بدست آمد که در وزن‌تر ساقه گیاه‌چه سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف غیرمعنی‌دار و با تیمارهای برهمنکنش ۵ میلی‌مولار و عدم پرایمینگ دارای اختلاف معنی‌دار بود. وزن خشک ریشه با تیمارهای هیدروپرایمینگ و گابا ۵ و ۱۰ میلی‌مولار در یک گروه آماری قرار گرفت، ولی با سایر تیمارها اختلافش معنی دار بود. در شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین وزن تر ساقه و وزن خشک ریشه به ترتیب در برهمنکنش ۵ میلی‌مولار و تیمار هیدروپرایمینگ بدست آمد. در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین وزن‌تر ساقه و وزن خشک ریشه به ترتیب در برهمکنش و اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار بدست آمد. کمترین وزن‌تر ساقه و وزن خشک ریشه به ترتیب در شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار عدم پرایمینگ بدست آمد. وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه با افزایش شوری و کاربرد پرایمینگ افزایش معنی‌داری داشت. در مجموع رشد گیاه‌چه خیار تحت تیمار مضاعف شوری، اسپرمیدین و گابا در صفات رشدی وزن خشک ریشه، وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه، بیشتر از رشد گیاهان در شرایط فاقد نمک بود (جدول ۵).

تاثیر پلی‌آمین‌ها روی افزایش وزن خشک و تر گیاه‌چه با نتایج بدست آمده از سایر محققین از جمله ناصر و همکاران (Nassar *et al.*, 2003) در گیاه *Phaseolus vulgaris* L.، در گیاه پنبه توسط واحد (Wahed, 2006) و در گیاه *Pistacia vera* L.cv. Ghazvini توسط راحمی و صداقت (Sedaghat and Rahemi , 2011) مشابه بود.

در آزمایش مجدم و اسماعیل پور (Majdam and Esmailpour, 2010) نیز در اثر تنش شوری اعمال شده بر گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor*) مشاهده شد که در تمامی سطوح تنش شوری نسبت به تیمار شاهد وزن خشک اندام ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش یافت و این در حالی بود که بذرهای پرایم شده دارای وزن خشک بیشتری بودند اما این افزایش وزن از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. دانایی و عبدوستی (Danaee and Abdossi, 2018) بیان داشتند که کاربرد محلول پاشی برگی پلی‌آمین‌ها (اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین) باعث افزایش وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه بر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گردید و بیشترین میزان وزن خشک و تر در اسپرمیدین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. این نتایج با یافته‌های سایر محقیق از جمله نجارزاده و همکاران (Najjarzadeh *et al.*, 2017) پیرامون اثر اسید سالیسیلیک و پوترسین بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) و نصیری و همکاران (Nasiri *et al.*, 2009) پیرامون بررسی اثر برهمکنش اسپرمیدین و شوری بر گیاه دارویی جعفری معطر (*Tagetes minuta* L.) مطابقت دارد. تحقیقات حاکی از آن است که نقش پلی‌آمین‌ها در کنترل تقسیم سلولی و تمایز در مریستم انتهایی ریشه، تشکیل ریشه اولیه، ریشه‌های جانبی و نابجا است (Couee *et al.*, 2004). در آزمایشی نشان داده شد پرایم بذور شبدر سفید (*Trifolium repens*) با گابا (غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میکرومولار) به طور موثری باعث کاهش بازدارندگی تنش شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی شد و غلظت ۱ میکرومولار گابا بهترین تاثیر را در بهبود صفات شاخص بنیه گیاه‌چه، شاخص جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاه‌چه و ریشه‌چه و وزن‌تر و خشک گیاه‌چه داشت. در حالی که در غلظت ۵ میکرومولار باعث مهار جوانه‌زنی بذور گردید (Cheng *et al.*, 2018). گزارش شده است که غلظت گابا درون‌زا گیاه‌چه‌های ذرت تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار سدیم کلرید افزایش یافت در حالی که در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید، غلظت گابا درون‌زا به شدت کاهش یافت (Wang *et al.*, 2017).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر پارامترهای جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی گیاه‌چه خیار.

Table 5. Mean comparisons of priming and salt stress interactions on seed cucumber germination parameter and seedling growth

تنش شوری Salinity	پرایمینگ Priming	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	جوانه‌زنی نسبی Relative Germination	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	طول ساقه Soot length (cm)	وزن‌تر ساقه Shoot fresh weight (mg)	وزن‌تر گیاه‌چه Seedling fresh weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)
0 dS/m	Control	84.00 c	99.99 c	0.105 abc	2.593 a	1.2040 def	1.6444 a-d	0.0393 a-d
	Hydropriming	98.66 a	117.46 c	0.123 a	1.970 bcd	1.0605 ef	1.2980 de	0.0411 abc
	Gaba 5 ppm	98.66 a	117.46 c	0.115 ab	1.946 bcd	1.0118 ef	1.2594 de	0.0424 abc
	Gaba 10 ppm	100.00 a	119.04 c	0.125 a	2.116 bc	1.1023 ef	1.3426 de	0.0409 abc
	Spermidine 5 ppm	100.00 a	119.04 c	0.125 a	1.973 bcd	1.0039 ef	1.2932 de	0.0358 c-f
	Spermidine 10 ppm	97.33 ab	115.87 c	0.121 a	1.933 bcd	1.097 ef	1.3378 de	0.0365 b-f
	Mix 5 ppm	97.33 ab	115.87 c	0.118 ab	2.226 ab	0.932 f	1.5499 b-e	0.0316 d-g
	Mix 10 ppm	97.33 ab	115.87 c	0.121 a	2.016 bc	1.0692 ef	1.3065 de	0.0371 b-e
1.8 dS/m	Control	62.66 d	100.04 c	0.078 d	2.106 bc	1.0902 ef	1.2876 de	0.0369 b-e
	Hydropriming	97.33 ab	155.38 c	0.121 a	2.003 bc	1.3119 ef	1.2927 de	0.0472 a
	Gaba 5 ppm	96.00 abc	153.25 c	0.086 cd	2.013 bc	1.2258 c-f	1.3806 cde	0.0415 abc
	Gaba 10 ppm	92.00 abc	146.87 c	0.098 bc	1.923 bcd	1.2612 b-f	1.4363 cde	0.0397 a-d
	Spermidine 5 ppm	97.33 ab	155.38 c	0.123 a	2.033 bc	1.2508 b-f	1.4528 cde	0.04369 abc
	Spermidine 10 ppm	96.00 abc	153.25 c	0.120 ab	2.003 bc	1.1759 def	1.2924 de	0.0436 abc
	Mix 5 ppm	94.66 abc	151.12 c	0.116 ab	1.873 bcd	1.3366 a-f	1.4864 cde	0.0457 a
	Mix 10 ppm	93.33 abc	148.99 c	0.116 ab	1.743 bcd	1.2723 b-f	1.4452 cde	0.0448 ab
9.5 dS/m	Control	17.33 e	100.07 c	0.021 e	0.883 e	0.9216 f	1.0495 e	0.0036 h
	Hydropriming	92.00 abc	531.17 a	0.115 ab	1.853 bcd	1.6472 ab	1.9819 ab	0.0284 fg
	Gaba 5 ppm	94.66 abc	546.57 a	0.116 ab	1.746 bcd	1.6272 abc	1.9976 ab	0.0263 g
	Gaba 10 ppm	94.66 abc	546.57 a	0.118 ab	1.846 bcd	1.5575 a-d	1.8563 abc	0.0297 efg
	Spermidine 5 ppm	90.66 abc	523.47 a	0.113 ab	1.876 bcd	1.5719 a-d	1.8548 abc	0.0304 efg
	Spermidine 10 ppm	85.33 bc	492.68 a	0.106 abc	1.676 cd	1.6204 abc	1.9786 ab	0.0271 g
	Mix 5 ppm	85.33 bc	338.73 b	0.106 abc	1.899 bcd	1.7233 a	2.0666 a	0.0254 g
	Mix 10 ppm	92.00 abc	531.17 a	0.113 ab	1.450 d	1.4167 a-e	1.7486 a-d	0.0271 g

در هر سطح بین تیمارهایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each row means followed by similar letters are not significantly different ($p>0.05$) using Duncan test.

نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/ S)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، بین تیمارها در نسبت ریشه به ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ حاکم بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد برهمکنش ۱۰ میلی‌مولار بالاترین نسبت و شاهد عدم پرایمینگ حائز کمترین نسبت ریشه به ساقه بود (به ترتیب

۵/۴۷ و ۲/۳۴). سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف غیرمعنی‌دار و با تیمار شاهد عدم پرایمینگ دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۳). با افزایش تنش شوری، نسبت ریشه به ساقه کاهش یافت و بیشترین و کمترین نسبت به ترتیب در شرایط بدون تنش و شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (جدول ۴). بهبود صفات مختلف در بذرهای پرایم شده با مواد مختلف می‌تواند به دلیل افزایش سرعت تقسیم سلولی توسط این پیش‌تیمارها باشد. جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار عدم پرایمینگ، زودتر آغاز گردیده و در نتیجه تحت تنش‌های محیطی این بذرها سریعتر استقرار یافته و زودتر از خاک خارج می شوند. نظر به اینکه بذرهای پرایم شده سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به شاهد دارند، در نتیجه در یک زمان معین نسبت به بذرهای شاهد پرایم نشده، ماده خشک بیشتری تحت تنش شوری تولید می کنند. آبنوشی اولیه بذر در محیط غیرشور، منجربه کاهش آثار مخرب تنش شوری در روند جوانه‌زنی بذرهایی می‌شود که پیش از کاشت تیمار شده‌اند (Chen *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری

مؤلفه‌های جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش شوری به طور معنی‌دار کاهش یافت. از این رو، رشد گیاه خیار تحت تنش شوری ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش معنی داری نشان داد. ولیکن مؤلفه‌های رشدی وزن‌تر ریشه (نسبت به شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر)، وزن‌تر و خشک ساقه و وزن‌تر و خشک گیاه‌چه با افزایش شدت تنش شوری افزایش یافت. صفات جوانه‌زنی نسبی، وزن‌تر ساقه و گیاه‌چه برخلاف سایر صفات با افزایش تنش شوری و کاربرد پرایمینگ افزایش معنی‌داری یافت. کاربرد تیمارهای هیدروپرایمینگ، پلی‌آمین و گابا در گیاهان تحت تنش شوری موجب تخفیف اثر تنش گردید. بررسی اثر کاربرد اسپرمیدین، گابا و هیدروپرایمینگ بر شرایط شوری نشان داد که با افزایش سطوح پرایمینگ اسپرمیدین و گابا از ۵ به ۱۰ میلی‌مولار، برخی از مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشدی کاهش یافت. این درحالی بود که با افزایش سطوح محلول برهمکنش اسپرمیدین و گابا از ۵ به ۱۰ میلی‌مولار، برخی صفات افزایش یافت. بر اساس نتایج بدست آمده استفاده از تیمار هیدروپرایمینگ به عنوان یک روش ارزان و راحت جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری بر روی بذر خیار پیشنهاد می شود. طبق تیمارهای این آزمایش، غلظت نمک بیشتر از ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش صفات مورد مطالعه گردید و نیاز به مطالعه تکمیلی در غلظت‌های دیگر می باشد.

منابع

Reference

Abdul-Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiplication. Crop Sci. 3: 630-633.

Ali, R.M., H.M. Abbas, and R.K. Kamal. 2009. The effects of treatment with polyamines on dry matter and some metabolites in salinity stressed chamomile and sweet marjoram seedlings. Plant Soil Environ, 55: 477–483.

Alsadon, A.A, M.A. Wahb-allah, and S.O. Khalil. 2006. Growth, yield and quality of three greenhouse cucumber cultivars in relation to two types of water applied at different growth stages. J. Agric. Sci. 18: 89-102.

Arbab Haghighi, H.A., F. Nejat Zade, and J. Khalili Mahale. 2017. Effect of seed priming on Moderating of salinity stress in cucumber. New Cellular Mol. Biotechnol. J. 7(27): 17-24. (In Persian)

Aslani, L., M. Mobli, and M. Solaimani. 2015. Effects of different spermidine concentrations on germination of three cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars under low temperature. Iranian J. Seed Res. 2(1): 53-63. (In Persian, with English Abstract)

Balouchi, H.R., and S. Ahmadpour Dehkordi. 2013. Effect of different seed priming on germination traits in Black cumin (*Nigella sativa*) under salinity stress. J. Plant Prod. 20(3): 1-25.

Bertrand, A., C. Dhont, M. Bipfubusa, F.P. Chalifour, P. Drouin, and C.J. Beauchamp. 2015. Improving salt stress responses of the symbiosis in alfalfa using salt-tolerant cultivar and rhizobial strain. Appl. Soil Ecol. 87(Supplement C):108–117.

Chattopadhayay, M.K., B.S. Tiwari, G. Chattopadhayay, A. Bose, D.N. Sengupta, and B. Ghosh. 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. Plant Physiol. 116: 192–199.

Chen, D., Q. Shao, L. Yin, A. Younis, and B. Zheng. 2019. Polyamine function in plants: Metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. Front. Plant Sci. 9, 1945:1-13.

Cheng, B., Zh. Li, L. Liang, Y. Cao, W. Zeng, X. Zhang, X. L., Ma, Huang, G. Nie, W.,Liu, and Y. Peng. 2018. The γ-Aminobutyric Acid (GABA) Alleviates Salt Stress Damage during Seeds Germination of White Clover Associated with Na^+/K^+ Transportation, Dehydrins Accumulation, and Stress-Related Genes Expression in White Clover. Inter. J. Mol. Sci. 19(9): 2520.

Couee, I., I. Hummel, C. Sulmon, G. Gouesbet, and A. EL- Amrani. 2004. Involvement of polyamines in root development. Plant Cell Tissue Organ Cult. 76:1-10.

Danaee, E. and V., Abdossi. 2018. Phytochemical and Morphophysiological Responses in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Plant to Application of Polyamines. J. Med. Plants. 1(69): 125-133.

Deewatthanawong, R., J. F. Nock, and C. B. Watkins. 2010. Γ-Aminobutyric acid (GABA) accumulation in four strawberry cultivars in response to elevated CO2 storage. Postharvest Biol. Technol. 57(2): 92-96.

Du, HY, Wang J, H.P. Liu, and Q.H. Yang. 2007. Effects of seed soaking with spermidine on the germination of maize seeds. J Anhui Agric. Sci. 35:11009–10.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 377-409.

Esmailpour, N., and M. Majdam. 2010. Effect of seed hydropriming on improve of sweet sorghum germination and growth under salinity stress. J. Crop Physiol. 3: 51-59. (In Persian)

Food and Agricultural Organization. 2014. FAOSTAT [Online]. Available at https://www.fao.org/faostat. (Retrieved 9 September 2015)

Ghana, S.G., and W.F. Schillinger. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence, and yield. Crop Sci. 43(6): 2135-2141.

Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Zacarias and M.T. Lafuente. 1998. Ripening affect high temperature–induced polyamines and their changes during cold storage of hybrid fortune mandarins. J. Agric. Food Chem. 46: 3503-3508.

Groppa, M. D. and M. P., Benavides. 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids 34: 35-45

Hajiboland, R., and N. Ebrahimi, 2011. Growth, photosynthesis and phenolics metabolism in tobacco plants under salinity and application of polyamines. J. Plant Biol. 3(7): 13-26.

Hashemi, M., H. Azarnivand., M.H. Asareh and A. Jafari, 2014. Study effect of water stress on the germination and seedling growth of three genotypes of rangeland species *Agropyron podperae*. J. Range. 8: 212-218.

Hosseini, H., and M. Nassiri Mahallati. 2007. The effect of seed priming in germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Iranian J. Agric. Res. 4:35-47. (In Persian)

Huang, Y., Ch. Lin, F. He, Zh. Li, Y. Guan, Q. Hu, and J. Hu. 2017. Exogenous spermidine improves seed germination of sweet corn via involvement in phytohormone interactions, H_2O_2 and relevant gene expression. BMC Plant Biol. doi.org/10.1186/s12870-016-0951-9. 17:1.

Hussein, M. M., Nadia, EL-Gereadly, H. M. and M. EL-Desuki, 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Appl. Sci. Res. 2: 598- 604.

ISTA. 2009. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA) Press, Switzerland.

Kaur-Sawhney, R., A. F. Tiburcio, and A.W. Galston. 2003. Polyamines in plants: An overview. J. Cell Mol. Biol. 2: 1-12.

Khan, H.A., C.M. Ayub, M.A. Pervez, R.M. Bilal, M.A. Shahid and K. Ziaf. 2009. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. Soil Environ. 28: 81-87.

Liu, J. H., H. Inoue, and T. Moriguchi. 2008. Salt stress-induced changes in free polyamine titers and expression of genes responsible for polyamine biosynthesis of apple in vitro shoots. Environ. Exp. Bot. 62: 28-35.

Luo, H.Y., L.W. Yang, H.B. Gao, W.U. Xiao-Lei, and H.H. Liu. 2011. Physiological mechanism of GABA soaking to tomato seed germination and seedling development under NaCl stress. Acta Bot. Boreal. Occident. Sin. 31: 2235–2242.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination in selection and evolution for seeding vigor. Crop Sci. 2(2): 176-177.

Malekzadeh, P., J. Khara and R. Heidari. 2012. 'Effect of exogenous Gama-aminobutyric acid on physiological tolerance of wheat seedling exposed to chilling stress'. Iranian J Plant Physiol. 3 (1): 611 – 617. (In Persian)

Martin-Tanguy, J. 2001. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regul. 34: 135-148.

Miller, T.R., and S.R. Chapman. 1978. Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. J. Range Manage. 31(2): 123-124.

Ministry of Agriculture. 2018. Iran annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran [Online]. Available at www.maj.ir.

Najjarzadeh, S, J. Panahandeh, S. Alizadeh Salteh and F. Zaare-Nahandi. 2017. Effect of salicylic acid and putrescine on some physiological characters and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian J. Hortic. Sci. 47 (4): 655-667.

Nasibi, F., Kh. Manouchehri Kalantari, and N. Fazelian. 2013. The effects of spermidin and methylene blue pretreatment on some physiological responses of *Matricaria recutita* plants to salt stress. J. Plant Proc. Func. Iranian Soc. Plant Physiol. 1(2): 61-72.

Nasiri, S. 2009. Evaluation the effect of interaction between spermidine and salinity on Tagetes minuta L. MSc Thesis.Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

Nassar, A.H., K. A. El-Tarabil, and K. Sivasithamparam. 2003. Growth promotion of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by a polyamine – producing isolate of Streptomyces griseoluteus. Plant Growth Regul. 40: 97-106.

Noohpishe, Z. and K.H. Manochehri Kalantari. 2012. Effects of application of interaction of spermidine and salinity stress in pepper. Iranian J. Biol. 24: 848-857. (In Persian)

Pandey, S., S. A. Ranande, P. K. Nagar, and N. Kumar. 2000. Role of polyamines and ethylene as modulators of plant senescence. India Acad. Sci. 25: 291-299.

Pang, X. M., Z. Y. Zhang, X. P. Wen, Y. Ban, and T. Moriguchi. 2007. Polyamine, all-purpose players in response to environment stresses in plants. Plant Stress. 1: 173-88.

Pill, W.G., and T.K. Korengle. 1997. Seed priming advance the germination of Kentuckly bluegrass (*Poa pratensis* L.). J. Turfgrass Manage. 2: 27-43.

Raiesi, T., A. Sabouri, and H. Sabouri. 2017. Comparison between aerobic and Iranian rice (*Oryza sativa* L.) varieties and genotypes to drought stress tolerance at germination stage. Environ. Stresses Crop Sci. 10(1): 91-104.

Ramos-Ruiz, R., E. Poirot, and M. Flores-Mosquera. 2018. GABA, a non-protein amino acid ubiquitous in food matrices. Cogent Food Agric. 4: 1-89.

Ranjbar, M., M. Mohammadi, and L. Amjad. 2017. Lead and spermidine interact on physiological and biochemical indexes of plants *Salvia officinalis* L. J. Plant Proc. Func. Iranian Soc. Plant Physiol. 6(21): 103-114.

Razeghi Yadak, F., and R. Tavakkol Afshari. 2011. Effect of drought stress on seed embryo axis phosphatase activities during early stages of germination of two bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. Iranian J. Field Crop Sci. 41(2): 385-393. (In Persian, with English Abstract)

Rho, B.J., and B.S. Kil. 1986. Influence of phytotoxin *Pinus rigida* on the selected plants. Korean J. Ecol. 10: 19-27.

Rhodes, D., A. Nadolska-Orczyk, and P.J. Rich. 2004. Salinity, osmolytes and compatible solutes. Pp 181-204. *In* Salinity: Environment-plantsmolecules. A. Läuchli and U. Lüttge (eds.). Springer Verlag, Netherlands.

Sedaghat, S. and M. Rahemi. 2011. Effect of Pre-soaking Seeds in Polyamines on Seed Germination and Seedling Growth of Pistacia vera L.cv. Ghazvini. Int. J. Nuts Related Sci. 2(3): 7-14.

Sadiq, M., G. Hassan, A.G. Khan., N. Hussain., M. Jamil, M.R. Goundal, and M. Sarfraz. 2003. Performance of cotton varieties in saline sodic soil amended with sulphuric acid and gypsum. Pakistan. J. Agric. Sci. 40: 99-105.

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

Shekari, F., R. Baljani, J. Saba, K. Afsahi, and F. Shekari. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings. Agro. J. (Journal of New Agricultural Science). 6(18): 47-53. (In Persian with English Abstract)

Shelp, B. J., A. W. Bown, and M. D. McLean, 1999. Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. Trends Plant Sci. 4(11): 446-452.

Shu, S., L.Y. Yuan., S.R. Guo., J. Sun and C.J. Liu, 2012. Effects of exogenous spermidine on photosynthesis, xanthophyll cycle and endogenous polyamines in cucumber seedlings exposed to salinity. Afr. J. Biotechnol. 11: 6064-6074

Song, H., X. Xu, H. Wang, H. Wang, and Y. Tao. 2010. Exogenous γ-aminobutyric acid alleviates oxidative damage caused by aluminum and proton stresses on barley seedlings. J. Sci. Food Agric. 90(9): 1410-1416.

Valadiani, A.R., A. Hassanzadeh, and M. Tajbakhsh, 2006. Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pajouhesh va Sazandegi. 66: 23-32. (In Persian)

Wahed, A. 2006. Exogenous and endogenous polyamines relation to growth, a-cellulose precipitation in fibres and productivity in cotton plant. Agric. Sci. 2: 139-148.

Wang, Y., W. Gu, Y. Meng, T. Xie, L. Li, J. Li, and Sh. Wei. 2017. γ-Aminobutyric Acid Imparts Partial Protection from Salt Stress Injury to Maize Seedlings by Improving Photosynthesis and Upregulating Osmoprotectants and Antioxidants. Sci. Reports.7:43609. doi: 10.1038/srep43609.

Xin SQ, Y. Gao J.M. Zhao, and X.M. Liu. 2010. Effect of seed soaking in spermidine (Spd) under salt stress on rice seed germination. North Rice. 40:23–5.

Yagmur, M., and D. Kaydan. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. Afr. J. Biotechnol. 7: 2156-2162.

Yu, L.X., P. Zheng, S. Bhamidimarri, X.P. Liu, and D. Main. 2017. The impact of genotyping-by-sequencing pipelines on SNP discovery and identification of markers associated with verticillium wilt resistance in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). Front. Plant Sci. 89 (8): 1-13.

Zarei, L., Koushesh Saba, M., Vafaee, Y. and T. Javadi. 2018. Effect of Gamma-Amino-Butyric Acid foliar application on physiological characters of tomato (cv. Namib) under salinity stress. J. Plant Prod. (Sci. J. Agric.). 41(1): 16-28.