Nova Biologica Reperta 6(2): 206-216 (2019)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press

یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۲۰۶ الی ۲۱۶ (۱۳۹۸)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

بررسی تاثیر عصاره *Ascophyllum nodosum* بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه نخود در شرایط تنش خشکی

راهله احمدپور[۱]، اعظم سلیمی[۲]، هانیه زیدی[۲]، نظام آرمند[۱] و سعیدرضا حسین‌زاده[۳]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران؛ [۲]گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛
[۳]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

مسئول مکاتبات: نظام آرمند، Armand@bkatu.ac.ir

چکیده. در این مطالعه، تأثیر عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه نخود مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل: عصاره جلبکی در ۴ سطح (۰، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد) و تنش خشکی در چهار سطح (۰، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) بود. تنش خشکی توسط پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ اعمال شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی در سطوح ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال به صورت معنی‌داری تمامی صفات مورد بررسی را نسبت به شاهد کاهش داد. سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد از عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی (٪۱۸+ و ٪۲۴+)، سرعت جوانه‌زنی (٪۱۵+ و ٪۲۰+)، طول گیاهچه (٪۱۳/۳+ و ٪۱۵/۷+)، سطح ریشه‌چه (٪۱۰/۴+ و ٪۱۲/۸+)، قطر ریشه‌چه (٪۱۴/۲+ و ٪۲۵+)، طول ساقه‌چه (٪۱۴+ و ٪۱۶/۶+) و وزن خشک ساقه‌چه (٪۱۰/۳+ و ٪۱۲/۶+) شد. در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد عصاره توانست قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول و وزن خشک ریشه‌چه به صورت معنی‌دار افزایش دهد. در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه، وزن خشک ریشه‌چه و در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال آندوسپرم مصرفی، طول و وزن خشک ریشه‌چه با کاربرد عصاره جلبکی در سطح ۳/۵ درصد بهبود یافت. با توجه به نتایج این پژوهش، استفاده از عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* در مرحله جوانه‌زنی به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی در گیاه نخود توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی. آندوسپرم مصرفی، پلی اتیلن گلایکول، جلبک قهوه‌ای، کودهای ارگانیک، لگوم

The effects of *Ascophyllum nodosum* extract on the stimulation of germination indices in chickpea (*Cicer arietinum*) under drought stress

Raheleh Ahmadpour[1], Azam Salimi[2], Haniyeh Zeidi[2], Nezam Armand[1] and Saeed Reza Hosseinzadeh[3]

[1]Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan,Iran; [2]Department of Plant Sciences , Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran; [3]Department of Biology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
Corresponding author: Nezam Armand, Armand@bkatu.ac.ir

Abstract. In this study, the effects of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on seed germination stimulation and growth indices in chickpea were studied. A factorial experiment was performed on the basis of a completely randomized design with 3 replications. Treatments consisted of seaweed extract at four levels (0, 1.5, 2.5 and 3.5%) and drought stress at four levels (0, -0.3, -0.6 and -0.9 MP) .Drought stress was induced by PEG 6000. Results showed that drought stress at -0.6 and -0.9 MP reduced the germination traits significantly compared with the controls. Seaweed extract at 2.5 and 3.5% resulted in a significant increase in the germination percentage (+18%, +24%), germination rate (+15%, +20%), seedling length (+13.3%, +15.7%), radicle area (+10.4%, +12.8%), radicle diameter (+14.2%, +25%), plumule length (+14%, +16.6%) and plumule dry weight (+10.3%, +12.6%). Under non-stress and -0.3 MP, seaweed

Received 16.09.2017/ Revised 27.09.2018/ Accepted 0310.2018/ Published 01.08.2019
دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۵/ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۷/۰۵/ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۱/ انتشار: ۱۳۹۸/۵۳/۱۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

extract levels at 2.5 and 3.5% could significantly increase the germination vigor, seed vigor index, consumed endosperm, radicle length and radicle dry weight. The application of seaweed extract at 3.5% improved the germination vigor, seed vigor index and radicle dry weight under -0.6 MP conditions. It also improved the consumed endosperm, length and radicle dry weight in samples affected by -0.9 MP conditions. According to the results, the use of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) in the seed germination of beans is recommended for the reduction of the negative effects of drought stress.

Keywords. brown algae, consumed endosperm, legumes, organic fertilizers, PEG

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) از جمله مهمترین محصولات زراعی در خاورمیانه و ایران است، که مقدار تولید و کیفیت پروتئین دانه آن بسیار زیاد بوده و هم چنین با تثبیت نیتروژن موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (Amiri *et al*., 2017). این گیاه از حبوباتی است که کشت آن در ایران در مناطق نیمه سردسیر به صورت پاییزه و در مناطق مرتفع سردسیر به صورت بهاره و عمدتاً به صورت دیم (۹۲ درصد) و با استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک انجام می‌شود (Rahbarian *et al*., 2012). در چنین مناطقی کمبود رطوبت در خاک مهمترین عامل موثر در جهت کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه است. یکی از عوامل تأثیرگذار در کاهش پارامترهای جوانه‌زنی نخود، حساسیت بسیار بالای این گیاه به تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی است. در این راستا، برخی مطالعات نشان داد که شرایط نامطلوب محیطی از قبیل تنش خشکی منجر به کاهش جوانه‌زنی بذرهای نخود در حدود ۲۵ درصد می‌شود (Mensah *et al*., 2006; Hosseinzadeh *et al*., 2016). مرحله جوانه‌زنی در گیاهان ارتباط مستقیم با تولید و عملکرد مناسب گیاهان دارد، به‌طوری‌که بسیاری از مطالعات نشان دادند که مرحلهٔ جوانه‌زنی بذرها مرحله‌ای حساس است که تراکم، عملکرد و محصول گیاه کشت‌شده را تحت تأثیر قرار میدهد. بنابراین مراحل ابتدایی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و استقرار آن، بسیار حساس‌تر از مراحل بعدی هستند (Bibi *et al*., 2009; Armand *et al*., 2015). پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه زنی گیاه دارد (Gunes *et al*., 2006). آب مهمترین عامل در فعال‌سازی جوانه‌زنی بذر محسوب شده و کاهش آب قابل دسترس منجر به اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (Ahmadpour *et al*., 2016). در شرایط آزمایشگاهی، برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب در محیط‌های کشت (تنش خشکی) از ماده‌ای غیر سمی با جرم مولکولی بالا به نام پلی اتیلن گلایکول (PEG) استفاده می‌شود که مهمترین ویژگی آن این است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی‌کند و منجر به آسیب در گیاهان نمی‌شود (Michael & Kaufman, 1976).

در شرایط تنش خشکی، بالا بردن توانایی جوانه‌زنی بذرها و کاربرد تیمارهای مناسب در جهت کاهش اثرات منفی تنش، راهکاری مناسب در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی است (Hosseinzadeh *et al*., 2016). بیوپرایمینگ بذر در واقع یک روش نوین و کاربردی است که می‌تواند در سطح گسترده‌ای در تحریک جوانه‌زنی و بهبود یکنواختی رشد گیاهچه‌ها به‌کار گرفته شود. در این روش از عوامل زنده و بیولوژیک نظیر عصاره‌های مختلف جلبکی و قارچی به عنوان پیش‌تیمار در جهت افزایش خصوصیات جوانه‌زنی استفاده می‌شود (Halmer, 2000; Zhang & Ervin, 2004). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که عصاره‌های جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به دلیل داشتن هورمون های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک‌های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تاثیر مفید و مثبتی بر خصوصیات مورفولوژی و جوانه‌زنی گیاهان دارد (Zhang & Ervin, 2008; Kumar & Sahoo, 2011). در عصاره جلبکی عناصر غذایی مغذی و پرکاربرد نظیر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی کم کاربرد نظیر آهن، روی، مس و منگنز به وفور یافت می‌شود (Zhang & Ervin, 2004). در یک مطالعه مشاهده شد که تلقیح جلبک‌ها در محیط-های غذایی کشت گیاهان منجر به افزایش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه می‌شود (Caffagni *et al*., 2015). در مطالعه بر روی گندم مشاهده شد که کاربرد عصاره جلبکی در افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و عملکردی گیاه نقش دارد (Kumar & Sahoo, 2011). در نتایجی مشابه در ارتباط با

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

اثرات مثبت عصاره جلبک دریایی گزارش شد که استفاده از آن‌ها موجب تأخیر در پیری، تحریک ریشه‌زایی و رشد ریشه می‌گردد (Craigie, 2011).

در چند دهه اخیر، مصرف مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی، مشکلات زیست محیطی متعددی از جمله آلودگی منابع آب، اُفت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها را به وجود آورده است. جلبک‌های دریایی و عصاره‌های حاصل از آن‌ها مناسب‌ترین جایگزین برای کودها و قارچ‌کش‌های شیمیایی هستند و در کشاورزی ارگانیک که هدف آن تولید محصولات عاری از مواد شیمیایی است، یکی از بهترین تیمارها محسوب می‌شود. نظر به اینکه نخود محصولی با ارزش اقتصادی به‌شمار می‌رود و مطالعات متعددی نشان داده‌اند که بذرهای نخود به تنش خشکی حساس هستند، اقدامات لازم جهت افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و در نهایت محصول و عملکرد گیاه ضروری است. هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرات عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر مهمترین پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی گیاه نخود (رقم عادل) در شرایط تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول است که مشخص شود آیا عصاره جلبکی می‌تواند در کاهش اثرات منفی تنش خشکی نقش داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مهرماه سال ۱۳۹۵ در شرایط کنترل شده (ژرمیناتور) انجام شد. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به عنوان اولین عامل مورد بررسی در نظر گرفته شد که شامل ۵ سطح صفر، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی بود. عصاره جلبک دریایی (BIOALGAX) با غلظت ٪۲۵ از شرکت همیار دشت آبرون تهیه شد. خصوصیات عصاره جلبک دریایی مورد استفاده بررسی در جدول ۱ ذکر گردیده است.

دومین عامل مورد بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (صفر، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) بود که با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ ایجاد شد (Michael & Kaufman, 1976) و برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. بذر مورد استفاده رقم عادل بود و از ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران تهیه شد. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش بر مبنای آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب شد. در ابتدا مجموعه پتری‌دیش‌ها و بستر بذر (کاغذ واتمن) استریل شدند و سپس بذرهای مورد استفاده به مدت ۳۰ ثانیه با قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. برای هر تکرار از ۳۰ عدد بذر استفاده شد. به هر واحد آزمایشی که شامل پتری‌دیش و کاغذ صافی استریل بود، ۸ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده شامل عصاره جلبکی و تنش خشکی طبق تیمارهای آزمایش افزوده شد. به منظور کاهش تبخیر محلول افزوده شده و رعایت شرایط یکسان برای تمامی تیمارها وزن اولیه آن‌ها ثبت گردید، سپس درب پتری‌ها با پارافیلم بسته و در ژرمیناتور با دمای ۲۵°C و رطوبت ۴۵ درصد در تاریکی گذاشته شدند (Rahbarian *et al.*, 2012). بازدید از نمونه‌ها به طور روزانه یک‌بار و به مدت ۱۴روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه زده (دارای طول ریشه چه ۳ میلی‌متر) ثبت شدند (ISTA, 2009). برداشت پتری‌دیش‌ها ۱۵ روز بعد از شروع آزمایش انجام شد (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله خط‌کش میلی‌متری اندازه گیری شد و از مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول گیاهچه محاسبه شد. به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، ساقه‌چه و ریشه‌چه در آون ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Ahmadpour *et al.*, 2016). سطح و قطر ریشه چه با استفاده از دستگاه WinRHIZO Pro V ساخت کانادا اندازه‌گیری شد (Regent, Instruments Inc., QC, Canada). به منظور تعیین آندوسپرم مصرفی بذرها، ابتدا وزن ۵ عدد بذر در هر تیمار با استفاده از ترازوی دیجیتال تعیین شد، سپس آن‌ها علامت‌گذاری شده و همراه با دیگر بذرها در پتری‌دیش قرار گرفت و همزمان با خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن بذرهای جوانه‌زده مورد نظر در هر تیمار تعیین شد. در نهایت میزان آندوسپرم مصرفی بذرها از طریق محاسبه اختلاف وزن آنها قبل و بعد از جوانه‌زنی محاسبه شد (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). جدول ۲ روابط محاسباتی مورد استفاده برای تعیین شاخص بنیه بذر، درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد.

داده‌ها پس از جمع آوری و تبدیل توسط نرم افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

نتایج

پارامترهای سنجش جوانه‌زنی بذر

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی و عصاره جلبک دریایی هرکدام به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت اما اثرات متقابل تنش و عصاره بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده عصاره جلبکی بر درصد جوانه‌زنی نشان داد که تمامی سطوح عصاره جلبکی (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد) منجر به افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد شد که در این بین سطح ۳/۵ درصد با ۵۶/۹۵ درصد بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشت که در مقایسه با سطوح شاهد و ۱/۵ درصد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی از ۰ به ۰/۹- مگاپاسکال سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری دارد (جدول ۶). با توجه به جدول ۵ نتایج نشان داد که کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد و سطح ۱/۵ درصد شد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که علاوه بر اثرات ساده تیمارها، اثرات متقابل تنش خشکی و عصاره جلبکی نیز بر قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی بذرهای گیاه نخود معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل بر قدرت جوانه‌زنی نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در

جدول ۱- برخی خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم.

Table 1. Some properties of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract.

نمونه Sampele	هدایت الکتریکی EC ($ds\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	فولویک اسید FA (٪)	فسفر P (٪)	کلسیم Ca (٪)	پتاسیم K (٪)	آهن Fe (٪)	نیتروژن کل Total N (٪)	چگالی نسبی Relative density (g/cc)	ماده آلی Organic matter (٪)
عصاره جلبکی Seaweed extract	1.3	9.2	10.5	1	0.18	16.9	0.5	2.5	1.28	15

جدول ۲- روابط محاسباتی شاخص های جوانه‌زنی.

Table 2. Computational relationships of germination indices.

شماره Number	شاخص Index	معادله Equation	منابع مورد استفاده Refrences
(1)	درصد جوانه‌زنی Germination percent	$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times 100$	(Agrawal, 1991)
(2)	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	$GS = \sum \frac{ni}{ti}$	(Agrawal, 1991)
(3)	بنیه جوانه‌زنی Germination vigor	$GV = \frac{GR \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)
(4)	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	$SV = \frac{GP \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)

n = کل بذر جوانه زده طی دوره، ni = تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص، ti = تعداد روزهای پس از شروع جوانه زنی، N = تعداد بذرهای کاشته شده، PL = طول ساقه چه، RL = طول ریشه چه.

n= The whole seed germinated, ni= The number of germinated seeds at a given time interval, ti= Number of days after starting germination, N= Number of sown seeds, PL= Plumule length, RL= Radicle length.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نخود در سطوح مختلف عصاره جلبکی تحت تنش خشکی.

Table 3. Analysis of variance of chickpea germination parameters at different levels of seaweed extract under drought stress.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percent	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	قدرت جوانه‌زنی Germination vigor	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	آندوسپرم مصرفی Consumed endosperm	طول گیاهچه Seedling length
عصاره جلبکی Seaweed extract	3	10677.328**	2.883**	0.011**	29.564**	0.004**	22.705**
تنش خشکی Drought stress	3	385.606**	0.151**	0.0003**	1.074**	0.0002**	0.609**
عصاره×تنش Extract× Stress	9	30.853^{ns}	0.008^{ns}	0.0001**	0.201**	0.0005**	0.040**
خطای آزمایش Eror	32	16.144	0.006	0.0004	0.022	0.00001	0.051
ضریب تغییرات (٪) CV	-	7.93	7.68	6.06	7.86	9.02	7.35

^{ns} ، **، * به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, *,**: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

مقایسه با شاهد شد اما در شرایط تنش خشکی ۰/۹- مگاپاسکال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای عصاره مشاهده نشد. در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال، استفاده از عصاره جلبکی در سطح ۲/۵ درصد بسیار موثر بود به‌طوری‌که منجر به افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی در مقایسه با سطوح شاهد شد (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از شاخص بنیه بذر نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، تمامی سطوح عصاره جلبکی مورد استفاده به صورت معنی‌داری در مقایسه با سطوح شاهد این شاخص را افزایش دادند اما در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال تنها سطح ۲/۵ درصد از عصاره توانست به صورت معنی‌داری شاخص بنیه بذر را افزایش دهد. در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای عصاره جلبکی مشاهده نشد (جدول ۷). کاربرد عصاره جلبکی در تمامی سطوح منجر به افزایش معنی‌دار میزان آندوسپرم مصرفی در شرایط بدون تنش شد اما در شرایط تنش ۰/۳- و ۰/۹- مگاپاسکال، سطح ۲/۵ درصد از عصاره جلبکی بسیار موثر بود و در مقایسه با سطوح شاهد افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال اختلاف معنی-داری بین تیمارهای عصاره وجود نداشت (جدول ۷).

پارامترهای رشدی مرتبط با گیاهچه

تجزیه واریانس داده‌های مرتبط با طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و وزن خشک ساقه‌چه نشان داد که تأثیر عصاره جلبک دریایی و تنش خشکی بر این صفات معنی‌دار ($p\leq 0.01$) است اما اثرات متقابل این تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده عصاره نشان داد که تمامی سطوح عصاره جلبکی شامل ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد به ترتیب با ۳/۱۰، ۳/۱۸ و ۳/۲۸ سانتی‌متر منجر به افزایش معنی‌دار طول گیاهچه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۵). جدول ۶ نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی، طول گیاهچه به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. در مقایسه بین تیمارهای عصاره جلبکی مشاهده شد که تمامی سطوح عصاره مورد بررسی در یک گروه آماری و سطح شاهد در گروه آماری جداگانه‌ای قرار گرفت به‌طوری‌که استفاده از عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه در تمامی سطوح شد (جدول ۵). در بررسی تیمارهای تنش خشکی، بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه به ترتیب در سطوح صفر و ۰/۹- مگاپاسکال مشاهده شد که در مقایسه با یکدیگر تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار این صفت شد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) در کاربرد عصاره جلبک دریایی بر وزن خشک ساقه‌چه نشان داد که سطح ۱/۵ درصد از عصاره با سطح شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد اما سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۵). در بین تیمارهای تنش خشکی مشاهده شد که شرایط بدون تنش خشکی بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه را داشت و به ترتیب با افزایش سطوح تنش این صفت کاهش معنی‌داری دارد (جدول ۶).

پارامترهای رشدی مرتبط با ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی، عصاره جلبکی و اثرات متقابل این دو تیمار بر طول ریشه‌چه و وزن خشک

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

ریشه‌چه معنی‌دار است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش و عصاره بر طول ریشه‌چه نشان داد که در شرایط بدون تنش، تنش ۰/۳- و ۰/۹- مگاپاسکال، کاربرد عصاره جلبکی در تمامی سطوح منجر به افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه شد اما در شرایط تنش ۰/۶- مگاپاسکال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای عصاره وجود نداشت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با وزن خشک ریشه‌چه نشان داد که در تمامی سطوح تنش خشکی مورد بررسی (۰، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) کاربرد عصاره جلبکی به‌خصوص در سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه در مقایسه با سطوح شاهد شد (جدول ۷). آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که تنش خشکی و کاربرد عصاره جلبک دریایی تأثیر معنی‌داری ($p\leq 0.01$) بر میزان قطر و سطح ریشه‌چه داشت اما اثرات متقابل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بررسی داده‌های حاصل از سطح ریشه‌چه، مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده عصاره جلبکی نشان داد که سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد شد. سطح ۱/۵ درصد از عصاره جلبکی با سطح شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در بین سطوح تنش، شرایط بدون تنش خشکی بیشترین میزان سطح ریشه‌چه داشت که در مقایسه با دیگر سطوح این افزایش معنی‌دار بود اما کمترین میزان این صفت نیز به سطح ۰/۹- مگاپاسکال اختصاص داشت که نسبت به دیگر سطوح نیز این کاهش معنی‌دار بود (جدول ۶). در مقایسه سطوح مختلف عصاره جلبکی مورد بررسی، نتایج نشان داد که سطح ۳/۵ درصد به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد قطر ریشه‌چه را افزایش داد اما کاربرد عصاره جلبک دریایی در سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد تفاوت معنی‌داری از لحاظ قطر ریشه‌چه

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاهچه نخود در سطوح مختلف عصاره جلبکی تحت تنش خشکی.

Table 4. Analysis of variance of chickpea seedling growth indices at different levels of seaweed extract under drought stress.

قطر ریشه‌چه Radicle diameter	سطح ریشه‌چه Radicle area	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	طول ساقه‌چه Plumule length	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
			Mean Square میانگین مربعات				
0.0005**	0.016**	0.051**	6.787**	0.017**	4.872**	3	عصاره جلبکی Seaweed extract
0.0001**	0.001**	0.001**	0.168**	0.0006**	0.138**	3	تنش خشکی Drought stress
0.0002**	0.0003 ns	0.0003**	0.016**	0.0004 ns	0.007ns	9	عصاره×تنش Extract× Stress
0.0001	0.00001	0.0001	0.019	0.00003	0.009	32	خطای آزمایش Eror
11.69	9.02	7.94	8.15	7.50	6.81	-	ضریب تغییرات (٪) CV

ns ، **، * به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, *,**: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نخود در سطوح مختلف عصاره جلبکی.

Table 5. Mean Comparison of chickpea germination indices at different levels of seaweed extract.

قطر ریشه‌چه Radicle diameter (mm)	سطح ریشه‌چه Radicle area (mm^2)	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight (g)	طول ساقه‌چه Plumule length (cm)	سرعت جوانه‌زنی Germination speed (بذر در روز)	درصد جوانه‌زنی Germination percent (٪)	تیمارها Treatments
			Seaweed extract /عصاره جلبک دریایی				
0.012 b	0.129 b	2.765 b	1.069 c	1.234 b	1.009 b	43.77 c	0
0.013 ab	0.140 ab	3.108 a	1.072 bc	1.382 a	1.076 b	48.87 b	1.5%
0.014 ab	0.144 a	3.189 a	1.077 ab	1.435 a	1.185 a	53.14 ab	2.5%
0.016 a	0.148 a	3.281 a	1.079 a	1.481 a	1.261 a	65.95 a	3.5%

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نخود در سطوح مختلف تنش خشکی.

Table 6. Mean Comparison of chickpea germination indices at different levels of drought stress.

قطر ریشه‌چه Radicle diameter (mm)	سطح ریشه‌چه Radicle area (mm^2)	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight (g)	طول ساقه‌چه Plumule length (cm)	سرعت جوانه‌زنی Germination speed (بذر در روز)	درصد جوانه‌زنی Germination percent (٪)	تیمارها Treatments
			تنش خشکی/Drought stress				
0.020 a	0.208 a	4.606 a	0.115 a	2.076 a	1.715 a	82.65 a	0
0.016 b	0.180 b	3.724 b	0.095 b	1.613 b	1.256 b	63.18 b	-0.3 MP
0.011 c	0.107 c	3.568 c	0.056 c	1.281 c	1.023 c	44.31 c	-0.6 MP
0.008 c	0.066 d	1.446 d	0.032 d	0.561 d	0.537 d	12.59 d	-0.9 MP

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذرهای نخود تحت تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبکی و تنش خشکی.

Table 7. Mean Comparison of chickpea germination characteristics at different levels of seaweed extract and drought stress.

وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight (g)	طول ریشه‌چه Radicle length (cm)	آندوسپرم مصرفی Consumed endosperm (g)	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	قدرت جوانه‌زنی Germination vigor	تیمارها/عصاره جلبکی Treatments/ seaweed extract
					بدون تنش خشکی/Non stress
2.31 c	4.16 b	0.044 c	3.043 c	0.065 cd	0
2.58 b	4.68 a	0.055 b	3.690 b	0.074 bc	1.5%
2.56 b	4.72 a	0.060 b	4 b	0.083 ab	2.5%
2.66 a	4.85 a	0.066 a	4.547 a	0.091 a	3.5%
					-0.3 MP /۰/۳- مگاپاسکال
1.96 g	3.45 e	0.030 d	1.857 e	0.039 ef	0
2.08 f	3.69 d	0.034 d	2.350 d	0.044 e	1.5%
2.17 e	3.81 cd	0.043 c	2.553 d	0.048 e	2.5%
2.22 d	3.94 bc	0.045 c	2.690 d	0.053 d	3.5%
					-0.6 MP /۰/۶- مگاپاسکال
1.24 j	2.46 f	0.018 ef	0.980 g	0.022 ghi	0
1.29 i	2.54 f	0.019 ef	1.010 fg	0.025 fgh	1.5%
1.28 i	2.60 f	0.019 ef	1.213 fg	0.027 fg	2.5%
1.32 h	2.66 f	0.021 e	1.343 f	0.033 f	3.5%
					-0.9 MP /۰/۹- مگاپاسکال
0.600 m	0.98 h	0.009 g	0.123 h	0.005 j	0
0.946 l	1.51 g	0.014 fg	0.193 h	0.007 j	1.5%
0.986 k	1.62 g	0.013 fg	0.213 h	0.009 ij	2.5%
0.996 k	1.66 g	0.015 f	0.246 h	0.011 hij	3.5%

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences according to Duncan's test.

با سطح شاهد نداشت (جدول ۵). جدول ۶ نشان می‌دهد که تنش خشکی در سطوح ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال در مقایسه با دیگر سطوح موجب کاهش معنی‌دار قطر ریشه‌چه شد اما در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. شرایط بدون تنش خشکی بیشترین میزان قطر ریشه‌چه را داشت که نسبت به تمامی سطوح افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۶).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

بحث

پارامترهای سنجش جوانه‌زنی بذر. خصوصیاتی نظیر درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی بذر از مهمترین پارامترهای سنجش کیفیت بذر محسوب شده و افزایش این خصوصیات در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی می‌شود (Zakaria *et al*., 2009). مطالعات متعدد در این زمینه نشان داده‌اند که این صفات در ارزیابی تحمل به تنش خشکی نقش دارند، به‌طوری‌که بذرهایی با درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بالاتر در شرایط تنش خشکی، از شانس بیشتری برای رشد برخوردار هستند و به عنوان ارقام مقاوم‌تر معرفی می‌شوند (Kalefetoglu *et al*., 2009; Ahmadpour *et al*., 2016). بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه است که پیامد آن کاهش شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، سرعت و درصد جوانه‌زنی است. تنش خشکی همراه با کاهش هدایت هیدرولیکی و تخریب ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها (به خصوص آلفا-آمیلاز) است که در نهایت کاهش معنی‌دار فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر را به‌دنبال دارد (Rahbarian *et al*., 2012). در یک بررسی بر روی ارقام گیاه نخود مشاهده شد که با کاهش پتانسیل اسمزی آب در بستر بذر مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و موجب کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر ارتباط مستقیم با طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی دارند (ISTA, 2009). بنابراین کاهش شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی در سطوح تنش خشکی را نسبت به سطح بدون تنش می‌توان به کاهش معنی‌دار سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه در این سطوح نسبت داد. نتایج این مطالعه همسو با نتایج سایر محققان (Kafi *et al*., 2005; Rahbarian *et al*., 2012; Ahmadpour *et al*., 2016) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی (از ۰/۳- تا ۰/۹- مگاپاسکال) پارامترهای جوانه‌زنی مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با داشتن ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn) و پرمصرف (N، K، Ca، Mg) نقش مهمی در تنظیم اسمزی محیط اطراف بذر (با کاهش پتانسیل اسمزی محیط و حفظ آب قابل دسترس)، تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی فرآیندهای بیوشیمیایی (به عنوان کوفاکتور برای برخی آنزیم‌ها) دارند (Zhang & Ervin, 2004). علاوه بر عناصر مغذی در مطالعات متعددی گزارش شده است که عصاره جلبک‌های قهوه‌ای (*Phaeophyceae*) غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، ژیبرلین و سیتوکینین هستند (Craigie, 2011). سیتوکینین‌ها ارتباط مستقیم با افزایش تقسیم سلولی در بذر و فعال‌سازی آنزیم آلفا-آمیلاز دارند که می‌تواند منجر به افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی گردد (Craigie, 2011). از طرف دیگر ژیبرلین و اکسین موجود در عصاره جلبکی موجب شکست خواب بذر، تحریک رشد گیاهچه (ساقه‌چه+ریشه‌چه) و استقرار مناسب جوانه در خاک می‌شود (David, 2010). با توجه به ارتباط مستقیم شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی با طول گیاهچه بنابراین می‌توان گفت افزایش این پارامترها نیز با افزایش طول گیاهچه در تیمارهای عصاره جلبکی مورد بررسی متناسب است. در یک مطالعه مشاهده شد که استفاده از عصاره‌های جلبکی به عنوان پیش‌تیمار بذر موجب افزایش خصوصیات جوانه‌زنی (درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی) و فعالیت آنزیم آلفا و بتا آمیلاز شد. این محققان علت را افزایش ترکیبات هورمونی، عناصر معدنی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاربرد عصاره جلبکی بیان کردند (Ghannad *et al*., 2017). آلفا آمیلاز قادر است با اتصال به باندهای گلیکوزیدی آمیلوز (پلی‌ساکارید ذخیره‌ای در بذرهای گیاهان) در تجزیه نشاسته و تأمین انرژی مورد نیاز برای فرآیندهای جوانه‌زنی نقش داشته باشد (Farooq *et al*., 2007). آندوسپرم مصرفی پارامتری است که نشان‌دهنده استفاده جوانه ایجاد شده از مواد غذایی ذخیره شده در بذر است (Ahmadpour *et al*., 2016). با توجه به اینکه جوانه حاصل از بذر فاقد برگ‌های اولیه به منظور تامین مواد غذایی از طریق فتوسنتز است، به این منظور ذخایر اندوسپرم داخل بذر مهمترین منبع تغذیه‌ای به شمار می‌آید (Kafi *et al*., 2005). در یک مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های نخود مقاوم و حساس به تنش خشکی مشاهده شد که در سطوح تنش خشکی بالا (۰/۶- و ۰/۹ مگاپاسکال) به دلیل کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی، کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه مصرف آندوسپرم کاهش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

یافت (Rahbarian *et al*., 2012). عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه-کننده آندوسپرم به‌ویژه آلفا و بتا آمیلاز منجر به افزایش دسترسی بذر به منابع غذایی می‌گردد (Kumar & Sahoo, 2011) و در نتیجه برداشت مواد غذایی از اندوسپرم به منظور تأمین انرژی برای پارامتر-های جوانه‌زنی و رشدی افزایش می‌یابد که در نهایت این رویداد موجب افزایش اندوسپرم مصرفی می‌گردد (Hosseinzadeh *et al*., 2016).

پارامترهای رشدی مرتبط با گیاهچه. مکانیسم‌های مرتبط با رشد طولی گیاهچه و ساقه‌چه در مرحله جوانه‌زنی به کمبود آب قابل دسترس برای بذر حساس‌اند به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی برخی از این فرآیندها نظیر انبساط و طویل شدن سلول‌ها، سنتز کربوهیدرات‌های دیواره سلولی، تولید مواد غذایی و هورمونی مورد نیاز برای توسعه سلول با کاهش معنی‌دار مواجه می‌شوند (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در یک مطالعه بر روی ارقام گیاه نخود علت کاهش طول ساقه‌چه و گیاهچه در شدت‌های پایین تنش خشکی، کاهش انتقال مواد غذایی به محور زیرلپه (هیپوکوتیل) و در شدت‌های بالاتر، با غیرفعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده (آلفا و بتا آمیلاز)، عدم تولید و انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد طولی گزارش شد (Rahbarian *et al*., 2012). نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) منجر به افزایش معنی‌دار رشد طولی گیاهچه و ساقه‌چه شد (جدول ۵). جلبک *Ascophyllum nodosum* در بخش ساقه دارای ساختارهای تخم مرغی شکل (ویزیکول) متعددی است که این بخش‌ها غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Jannin *et al*., 2013). در فرآیند خالص‌سازی عصاره این جلبک، ترکیبات موجود در وزیکول‌ها بدون هیچگونه تغییر همراه با شیره سلولی استخراج می‌شوند (Jannin *et al*., 2013). بنابراین، با توجه به مقادیر بالای عناصر مغذی و هورمون‌های گیاهی به‌ویژه اکسین و سیتوکینین در عصاره جلبک *Ascophyllum nodosum* افزایش طولی گیاهچه و ساقه‌چه بذرهای نخود به دلیل تغذیه مستقیم از این ترکیبات و فعالیت اکسین قابل پیش‌بینی است (Ramarajan *et al*., 2012). تجمع ماده خشک و رشد طولی ساقه‌چه همبستگی مثبت و بسیار بالایی با یکدیگر دارند، به‌طوری‌که افزایش طول ساقه‌چه موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه می‌گردد (Ahmadpour *et al*., 2016). تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر این مواد از لپه به محور جنینی دلیل اصلی کاهش وزن خشک ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین (تنش خشکی) است (Bibi *et al*., 2009). در مطالعات مشابه بر روی لوبیا و نخود نیز محققان علت کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه را در شرایط تنش خشکی به کاهش شدید رشد طولی ساقه‌چه نسبت دادند (Rahbarian *et al*., 2012; Armand *et al*., 2015). در حالت کلی افزایش وزن خشک ساقه‌چه در سطوح عصاره جلبکی (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد) در این مطالعه را می‌توان با افزایش طول ساقه‌چه و گیاهچه در این سطوح مرتبط دانست. کاربرد عصاره جلبکی بر روی بذرهای سویا و برنج موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشدی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد. این محققان گزارش کردند که هورمون‌های گیاهی موجود در عصاره‌های جلبکی (اکسین و سیتوکینین) عامل اصلی در افزایش معنی‌دار رشد طولی و وزن خشک گیاهچه هستند (Ramarajan *et al*., 2012; Kord Firouzjai *et al*., 2012).

پارامترهای رشدی مرتبط با ریشه‌چه. ریشه‌چه قبل از اندام‌های دیگر از بذر خارج شده و در نتیجه قبل از اندام‌های دیگر در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، بنابراین صفات مورفولوژیک ریشه نظیر طول، سطح، حجم، قطر و وزن خشک ریشه‌چه معیارهای مناسبی در جهت گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی می‌باشند (Mensah *et al*., 2006; Ahmadpour *et al*., 2016). پلی‌اتیلن گلایکول با از دسترس خارج نمودن آب مورد نیاز بذر و ایجاد تنش خشکی منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه‌زنی شده که این رویداد در نهایت با کاهش رشد ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و سطح ریشه‌چه همراه است (Ahmadpour *et al*., 2016). این مطلب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Khalid *et al*., 2001; Gamze *et al*., 2005). در شرایط تنش خشکی، تغییرات فشار آماس در سلول‌های ریشه‌چه در توقف رشد طولی آن‌ها نقش بسزایی دارد، به‌طوری‌که با کمبود آب پیوندهای موجود در دیواره سلول‌های ریشه‌چه سخت‌تر شده و در نتیجه توسعه‌پذیری، رشد طولی و تجمع ماده خشک ریشه‌چه محدود می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). برخی محققان نیز علت کاهش خصوصیات رشدی ریشه‌چه حبوبات

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

(نخود، لوبیا و عدس) را در شرایط تنش خشکی، تأخیر در انتقال پروتئین، پلی‌ساکارید و سایر ترکیبات مغذی از اندوسپرم به محور جنینی بیان کردند (Rahbarian *et al*., 2012; Armand *et al*., 2015; Ahmadpour *et al*., 2016). در تأیید این فرضیه در آزمایشی بر روی گندم مشاهده شد، مکانیسم‌هایی که بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور جنینی موثر باشند، در کاهش معنی‌دار طول، سطح و وزن خشک ریشه‌چه نقش دارند. نتایج این پژوهش همسو با مطالعات فوق نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار خصوصیات مرتبط با ریشه‌چه شد. یکی از راهبردهای مقاومت به تنش خشکی در جوانه‌های حاصل از بذر، اختصاص بیشتر مواد غذایی ذخیره‌ای به ریشه‌چه است تا رشد آن محدود نگردد (Fabian *et al*., 2008). افزایش شاخص‌های مورفولوژی ریشه‌چه از قبیل طول، سطح، قطر و حجم ریشه‌چه با توجه به اینکه می‌توانند در آینده به بهره‌برداری گیاه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک کمک کنند، بنابراین نقش بسزایی در بهبود شرایط تنش و استقرار مناسب در خاک دارد (Ahmadpour *et al*., 2016). همانطور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد، از مهمترین مزایای عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* مقادیر بالای عناصر مغذی، پلی-ساکارید، پروتئین و هورمون‌های گیاهی است که در تغذیه مستقیم بذرهای گیاهان نقش دارند و از طریق بهبود طول، سطح و حجم ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه می‌شود (Zhang & Ervin, 2004; Ramarajan *et al*., 2012). در آزمایشی بر روی سویا مشاهده شد که پرایمینگ بذرها با عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه-زنی و پارامترهای رشدی جوانه‌ها شد (Ramarajan *et al*., 2012). یکی از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) آلجیناز است که از مهمترین ویژگی-های آن نقش مستقیم در ژله‌ای شدن دیواره سلولی و افزایش توسعه-پذیری است، بنابراین استفاده از عصاره جلبکی در شرایط تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی آن در جهت سخت شدن دیواره سلولی و کاهش رشد طولی گردد (Zodape, 2001). نتایج این مطالعه نشان داد که عصاره جلبکی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پارامترهای رشدی مرتبط با ریشه‌چه دارد و استفاده از آن در سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد بسیار موثرتر است.

نتیجه‌گیری

عصارهٔ جلبک دریایی با خصوصیات مفید فراوان نظیر مواد مغذی، پلی‌ساکارید، پروتئین و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی توانست، موجب افزایش معنی‌دار صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، سطح ریشه‌چه، قطر ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در مقایسه با سطح بدون استفاده از عصاره جلبکی شود. تنش خشکی در تمامی سطوح (۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) موجب کاهش معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی در مقایسه با شرایط بدون تنش شد اما کاربرد عصاره جلبکی به‌ویژه در سطح ۳/۵ درصد منجر به افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول و وزن خشک ریشه‌چه شد و کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شد. با توجه به توسعه کاشت دیم نخود در بخش‌هایی از کشور، کاربرد عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در خاک می‌تواند در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات رشدی و استقرار مناسب گیاهچه نقش مهمی ایفا کند و باعث افزایش عملکرد این گیاه گردد.

سپاسگزاری

از دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء به خاطر پشتیبانی‌های مالی در اجرای این پروژه قدردانی می شود.

REFERENCES

Agrawal, R.L. 1991. Seed technology. Oxford and IBH Publishing. 658 pp.

Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R and Chashiani, S. 2016. Selection drought tolerant cultivars of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by measuring germination parameters. – Iranian J. Seed Sci. Res. 3: 75-88.

Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S.R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). – Compost Sci. Utili. 25: 152-165.

Armand, N., Amiri, H. and Ismaili, A. 2015. Effect of methanol on germination characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) under drought stress condition. – J. Puls. Res. 6: 42-53.

Bibi N., Hamed, A. and Ali, H. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpea genotypes. – Pakistan J. Bot. 41: 731-736.

Caffagni, D.E., Camargo, E., Casali, C.A., Lombardi, A.T. and Lima, M.I.S. 2015. Coupling microalgal cultures with hydroponics: Prospection for clean biotechnology processes. – J. Algal. Biomass. Util. 6: 88-94.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]

Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuliation in plant science and agriculture. – J. Appl. Phycol. 23: 371-393.

David, C. 2010. The effect of gibberellins (GA_3 and GA_4) and ethanol on seed germination of *Rosa eglanteria* and *Rosa glauca*. – Plant Growth Regul. 41: 1-10.

Fabian, A., Jager, K. and Barnabas, B. 2008. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. – Acta Bio. Szege. 52: 157-159.

Farooq, M., Basra S.M. and Ahmad, A.N. 2007. Imporoving the performance of transplanted rice by seed priming. – Plant Growth Regul. 51: 129-137.

Gamze, O.K.U., Mehmet Demir, K.A.Y. and Mehmet, A.T.A. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). – Turkish J. Agri. 29: 237-242.

Ghannad, R., Akbari, F. and Madadkar Haghjou, M. 2017. Effect of blue-green and green algae *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* and minerals on the stimulation of metabolic and biochemical processes of germination in *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Seeds. – Nova Biol. Reperta 3: 295-307.

Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. – Plant Soil Environ. 52: 868-876.

Halmer, P. 2000. Commercial seed treatment technology. In: Black, M. and Bewley, J. D (Eds.) Seed technology and its biological basis. – Sheffield Academic Press, Sheffield, 257-286.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. – J. Plant Res. 29: 589-598.

ISTA: International Seed Testing Association. 2009. International rules for seed testing. – Seed Sci. Tech. 49: 86-41.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D. and Garnica, M. 2013. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum*. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. – Plant Growth Regul. 32: 31-52.

Kafi, M., Nezami, A., Hosaini, H. and Masomi A. 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. – Iranian J. Crops Res. 3: 69-80.

Kalefetoglu Macar, T., Turan, O. and Ekmekci, Y. 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stage. – J. Sci. 22: 5-14.

Khalid, M.N., Iqbal, H.F., Tahir, A. and Ahmad, A.N. 2001. Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline condition. – J. Bio Sci. 4: 395-396.

Kord Firouzjai, G., Habibi, H., Sodai Mashai, S. and Fotoukian, M.H. 2012. The effect of foliar application of fertilizers containing nutrients and growth stimulants on the germination factors of rice. – J. Sci. Tech. 2: 1-10.

Kumar, G. and Sahoo, D. 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. – J. Appl. Phyco. 23: 251-255.

Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G. and Onome-Irieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). – Africian J. Bio. 5: 1249-1253.

Michael, B.E. and Kaufman, M.R. 1976. The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. – Plant Physiol. 51: 914-916.

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R. and Najafi, F. 2012. Drought stress effect on germination and seedling for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under control condition. – Iranian J. Crops Res. 10: 522-531.

Ramarajan, S., Joseph, L.H. and Ganthi, A.S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. – J. Crop Sci. Tech. 1: 1-5.

Zakaria, M.S., Ashraf, H.F. and Serag, E.Y. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. – Acta Eco. Sci. 29: 116-123.

Zhang, X.E. and Ervin, H. 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin-riboside on creeping bentgrass heat tolerance. – Crop Sci. 48: 364-370.

Zhang, X.Z. and Ervin, E.H. 2004. Cytokinin–containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. – Crop Sci. 44: 1737-1745.

Zodape, S.T. 2001. Seaweeds as a biofertilizer. – J. Sci. Indust. Res. 60: 378-382.

*****

How to cite this article:

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., Armand, N. and Hosseinzadeh. S.R. 2019. The effects of *Ascophyllum nodosum* extract on the stimulation of germination indices in chickpea (*Cicer arietinum*) under drought stress– Nova Biol. Reperta 6: 206-216.

احمدپور، ر.، سلیمی، ا.، زیدی، ه.، آرمند، ن. و حسین‌زاده، س.ر. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر عصاره *Ascophyllum nodosum* بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه نخود در شرایط تنش خشکی. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۶: ۲۱۶-۲۰۶.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-28]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.7.4]

[DOI: 10.29252/nbr.6.2.206]