Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

The use of *Ascophyllum nodosum* algae extract as an organic fertilizer to reduce the negative effects of drought stress on the germination of onion seeds (Behbahan native cultivar)

Raheleh Ahmadpour[1*], Fatemeh Gharibian[2], Narges Atashafzar[2], Maryam Fathi[2], Roksana Khalili[2] and Saeed Reza Hosseinzadeh[3]

[1] Instructor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran, Email: Ahmadpour@bkatu.ac.ir
[2] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: gharibian@yahoo.com
[3] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: atashafzar@yahoo.com
[4] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: fathi@yahoo.com
[5] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: khalili@yahoo.com
[6] PhD of Biology, Education Research Institute, Department of Education, Khuzestan, Ahvaz, Iran, Email: Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-11-17
Revised: 2024-5-1
Accepted: 2024-6-11

Keywords:
Brown algae
Seed vigor index
Germination vigor
PEG
Seedling length

ABSTRACT

Several studies reported that drought stress in the soil, by reducing the germination indicators, causes a decrease in onion growth and yield. *Ascophyum nodosum* seaweed extract contains plant growth regulators such as auxin and cytokinin, high and low consumption nutrients, vitamins and antioxidants and can reduce various stresses on plants. For this purpose, different levels of seaweed extract and drought stress were investigated on the germination and growth indices of onion (Behbahan native cultivar). A factorial experiment was performed based on completely randomized design with 3 replications. The investigated factors include: algae extract at 4 levels (0, 3, 6, and 9 percent by volume) and drought stress at four levels non-stress, mild stress, moderate stress, and severe stress (including 0, -0.3, and 0.6 and -0.9 MPa). Drought stress was applied by PEG. The results of this research showed that in conditions non-drought stress, mild stress and moderate stress, the use of *Ascophyllum nodosum* algae extract (levels of 3% and 6%) caused a significant increase in traits such as germination percentage, germination vigor, seed vigor index, seedling length, plumule length and radicle length. In severe stress conditions, no significant difference was observed between the control levels, 3% and 6%. Considering the development of onion cultivation in Behbahan and the report of negative effects caused by drought stress on onion seeds (Behbahan native cultivar), the use of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract in the soil is recommended to reduce the negative effects caused by drought stress. Algae extract improved the germination indicators, growth characteristics and proper establishment of seedlings , which can increase the yield of this plant.

Cite this article: Ahmadpour, R., Gharibian, F., Atashafzar, N., Fathi, M., Khalili, R., Hosseinzadeh, S.R. (2023). The use of *Ascophyllum nodosum* algae extract as an organic fertilizer to reduce the negative effects of drought stress on the germination of onion seeds (Behbahan native cultivar). *Seed Research*, 13 (2), 15-30.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم به‌عنوان کود ارگانیگ به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر پیاز (رقم بومی بهبهان)

راهله احمدپور[۱*]، فاطمه غریبیان[۲]، نرگس آتش‌افزار[۳]، مریم فتحی[۴]، رکسانا خلیلی[۵]، سعیدرضا حسین‌زاده[۶]

[۱] مربی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: Ahmadpour@bkatu.ac.ir
[۲] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: gharibian@yahoo.com
[۳] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: atashafzar@yahoo.com
[۴] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: fathi@yahoo.com
[۵] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: khalili@yahoo.com
[۶] دکتری زیست‌شناسی، پژوهشکده تعلیم و تربیت، آموزش و پرورش، خوزستان، اهواز، رایانامه: Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۲

واژه‌های کلیدی:
پیش‌تیمار تغذیه‌ای
تقویت بذر
سرعت جوانه‌زنی
عناصر ریزمغذی

چکیده

مطالعات متعدد گزارش کردند که تنش خشکی در خاک با کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی بذر موجب کاهش در رشد و محصول پیاز می‌گردد. عصاره جلبک دریایی آسکوفیوم نودوسوم، به‌دلیل داشتن تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، مقادیر بالای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند تأثیر تنش‌های مختلف را بر گیاهان کاهش دهد. در این راستا به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی پیاز (رقم بومی بهبهان) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان در سال ۱۴۰۲ به اجراء درآمد. عوامل مورد بررسی شامل: عصاره جلبکی در ٤ سطح (۰، ۳، ٦ و ۹ درصد حجمی) و تنش خشکی در چهار سطح بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید (به‌ترتیب شامل ۰، ۰/۳- ، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال) بود. تنش خشکی بوسیله پلی‌اتیلن گلایکول اعمال شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، تنش ملایم و تنش متوسط، کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم (سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) موجب افزایش معنی‌دار صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه شد. در شرایط تنش شدید تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی مشاهده نشد. با توجه به توسعه کشت پیاز در شهرستان بهبهان و گزارش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر بذرهای پیاز (رقم بومی بهبهان)، استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در خاک می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات رشدی و استقرار مناسب گیاهچه نقش مهمی ایفا کند و در نهایت موجب افزایش عملکرد و محصول این گیاه گردد.

استناد: احمدپور، راهله؛ غریبیان، فاطمه؛ آتش‌افزار، نرگس؛ فتحی، مریم؛ خلیلی، رکسانا؛ حسین‌زاده، سعیدرضا. (۱٤۰۲). کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم به‌عنوان کود ارگانیگ به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر پیاز (رقم بومی بهبهان). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۳۰-۱۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

پیاز با نام علمی (*Allium cepa* L.) گیاهی تک لپه بوده و در جهان بیش از ۹۰۰ گونه دارد که به طور طبیعی در نیمکره شمالی می‌روید (Fritsch and Friesen, 2002). این گیاه از مهمترین سبزی‌های خوراکی محسوب شده و از نظر وسعت کشت و مصرف در جهان پس از سیب زمینی و گوجه فرنگی سومین محصول پر مصرف در سبد خانوارها به شمار می آید. پیاز با داشتن ترکیباتی نظیر کربوهیدرات، ترکیبات معدنی، ویتامین ث، پروتئین، کلسیم، فسفر و آهن از اهمیت غذایی بالایی برخوردار است (Dini et al., 2008). محققان در زمینه اثرات دارویی گیاه پیاز گزارش کردند که مصرف پیاز در درمان آسم، صرع، برونشیت مزمن، دیابت، بیماری‌های پوستی، کاهش کلسترول و قند خون نقش مهمی دارد (Ghodrati et al., 2013). 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 می دهد. بنابراین مراحل ابتدایی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و استقرار آن، بسیار حساس‌تر از مراحل بعدی هستند (Armand et al., 2015; Ahmadpour et al., 2019). به‌عبارت دیگر برای کلیه گیاهان در مرحله جوانه‌زنی به اثبات رسیده است که چنانچه مرحله جوانه‌زنی بذر، در شرایط تنش با موفقیت همراه باشد، در مراحل بعدی رشد و نمو، گیاهچه‌هایی با قدرت رویشی بهتر، سیستم ریشه ای قوی‌تر (استقرار مناسب در خاک) و محصول بیشتر تولید خواهد کرد (Mensah et al., 2006; Mokhtari et al., 2009).

براساس اطلاعات جمع آوری شده از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان، گزارش شد که بذرهای پیاز در این شهرستان در شهریور ماه کشت می شود و عواملی نظیر کمبود منابع آبی، گرمای شدید و شرجی موجب کاهش رطوبت در خاک و مواجه شدن بذر این گیاه با شرایط تنش خشکی است. در چنین مناطقی کمبود رطوبت در خاک مهمترین عامل موثر در جهت کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه است (Digirolamo and Barbanti, 2012; Ahmadpour et al., 2016). تنش خشکی اثرات منفی شدیدی بر جوانه‌زنی گیاهان دارد و موجب کاهش شدید جذب آب در محیط بذر شده که از یک سو به طور غیرمستقیم بر ذخایر غذایی و کیفیت زیست بذر اثر گذاشته و از سوی دیگر موجب عدم جوانه‌زنی و غیرقابل استفاده شدن بذر برای کشت می‌شود (Dini et al., 2008; Hosseinzadeh et al., 2016). در مطالعات متعدد بر روی گیاهان زراعی نظیر نخود، لوبیا، عدس، گوجه فرنگی و پیاز گزارش شده است که آب مهمترین عامل در فعال‌سازی جوانه‌زنی بذر محسوب شده و کاهش آب قابل دسترس منجر به اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (Arvin and Kazemi-Pour, 2003; Rahbarian et al., 2012; Armand et al., 2015; Ahmadpour et al., 2016; Ahmadpour et al., 2020). در شرایط آزمایشگاهی، برای ایجاد محیط‌های مصنوعی 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 (Hosseinzadeh et al., 2016).

در مواجه با تنش خشکی، بالا بردن توانایی جوانه‌زنی بذرها و اصلاح بذر با کاربرد تیمارهای مناسب راهکاری در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه به شمار می‌آید (Amiri et al., 2017). یکی از شیوه‌های جدید در تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها پرایمینگ زیستی بذر (پیش تیمار بذر)

محسوب می‌شود. در این روش از ترکیبات بیولوژیک جهت افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهچه استفاده می‌شود (Ghannad et al., 2017). در این مطالعه از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به عنوان پیش تیمار در جهت افزایش خصوصیات جوانه‌زنی و کاهش اثرات منفی تنش خشکی استفاده شد. جلبک‌های دریایی، از اجزای اصلی اکوسیستم سواحل دریاها و اقیانوس‌ها هستند. تخمین‌زده می‌شود حدود ۹۰۰۰ گونه جلبک وجود داشته باشد که جلبک قهوه‌ای با حدود ۲۰۰۰ گونه فراوان‌ترین آنها است و بیشتر در سواحل سنگی مناطق گرم و خشک یافت می‌شود (Khan et al., 2009). جلبک آسکوفیلوم نودوسوم از منابع ارزان قیمت و قابل دسترس (در سواحل خلیج فارس) به شمار می رود. مطالعات متعددی گزارش کردند که در عصاره جلبکی (*Ascophyllum nodosum*) عناصر غذایی مغذی و پرکاربرد نظیر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی کم کاربرد نظیر آهن، روی، مس و منگنز وجود دارد (Zhang and Ervin, 2004; Ahmadpour et al., 2019). گزارش شده است که این عصاره دارای هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک‌های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی اکسیدان‌ها می باشد که می تواند تاثیر مفید و مثبتی بر خصوصیات رشدی گیاهان داشته باشد (Zhang and Ervin, 2008; Kumar and Sahoo, 2011). برخی مطالعات در زمینه استفاده از عصاره جلبکی نشان داد که کاربرد این عصاره در افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و عملکردی گندم نقش دارد (Kumar and Sahoo, 2011). در مطالعه دیگر گزارش شد که تلقیح جلبک‌ها در محیط‌های غذایی کشت گیاهان منجر به افزایش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه می‌شود (Caffagni et al., 2015). در بررسی بر روی فرآیندهای ریشه زایی و رشد ریشه در برخی گیاهان زراعی نظیر نخود، لوبیا و عدس مشاهده شد که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب تاخیر در فرآیندهای پیری و افزایش معنی دار ریشه زایی و رشد ریشه شد (Craigie et al., 2011; Ahmadpour et al., 2019).

با توجه به تحقیقات میدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان، متخصصان در این مرکز تحقیقاتی اعلام نمودند که بذرهای پیاز با توجه به ویژگی‌هایی نظیر حساسیت بالا به تنش کمبود آب و ضعیف بودن بذرهای پیاز در مرحله جوانه‌زنی و قیمت نسبتاً بالای آن در مقایسه با سایر بذرهای صیفی جات نیازمند پژوهش‌های متعدد در جهت بهبود و اصلاح شاخص‌های جوانه‌زنی است. از سوی دیگر در چند دهه اخیر، استفاده از کودهای شیمیایی، مشکلات متعدد زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، عدم جوانه‌زنی بذرها، کاهش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل خیزی خاک‌ها را به وجود آورده است. جلبک‌های دریایی و عصاره‌های حاصل از آن‌ها مناسب ترین جایگزین برای کودها و قارچ کش‌های شیمیایی هستند و در کشاورزی ارگانیک که هدف آن تولید محصولات عاری از مواد شیمیایی است، یکی از بهترین تیمارها محسوب می شود. مهمترین اهداف این پژوهش عبارتند از: الف) آیا استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم می‌تواند در بهبود و اصلاح خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در شرایط تنش خشکی نقش داشته باشد؟ ب) در صورت تاثیر مثبت این عصاره بر خصوصیات جوانه‌زنی، استفاده از چه غلظتی می تواند موجب بهبود در خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در تیرماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. بذر مورد مطالعه رقم بومی بهبهان بود که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان تهیه شد. اولین تیمار مورد بررسی، عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در ٤ سطح صفر (بدون کاربرد عصاره جلبکی)، ۳، ٦ و ۹ درصد حجمی بود. عصاره جلبک دریایی از شرکت همیار دشت آبرون وارد کننده کودهای زیستی BIOALGAX ساخت کشور اسپانیا تهیه شد. خصوصیات شیمیایی این عصاره در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم تهیه شده از شرکت BIOALGAX اسپانیا

نمونه	ماده‌آلی (٪)	چگالی نسبی (g/cc)	نیتروژن کل(٪)	آهن (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	فسفر (٪)	فولویک اسید(٪)	اسیدیته
عصاره جلبکی	۱۵	۱/۲۸	۲/۵	۰/۵	۱٦/۹	۰/۱۸	۱	۱۰/۵	۹/۲

دومین عامل مورد بررسی در این آزمایش تنش خشکی بود که در ٤ سطح صفر، ۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال در نظر گرفته شد. تنش خشکی بوسیله پلی اتیلن گلایکول مطابق جدول ۲ و بر اساس روش میچل و کافمن (۱۹۷٦) ایجاد شد (Michael and Kaufman, 1976). برای سطح تنش صفر (شاهد) از آب مقطر استفاده شد.

جدول ۲- نحوه تهیه محلول تنش خشکی

مقدار محلول	پلی اتیلن گلایکول	نوع محلول (پتانسیل خشکی)
٤۰۰ میلی‌لیتر	۵۵/۲ گرم	۰/۳- مگاپاسکال
٤۰۰ میلی‌لیتر	۷۵/٦ گرم	۰/٦- مگاپاسکال
٤۰۰ میلی‌لیتر	۸۸/۸ گرم	۰/۹- مگاپاسکال

به منظور انجام پژوهش کلیه پتری‌دیش‌ها استریل شدند و بذرها نیز با قارچ کش بنومیل ۲ در هزار طبق روش (Hosseinzadeh et al., 2016) ضدعفونی شدند. در هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر قرار گرفت و سپس به منظور اعمال تیمارها به هر پتری‌دیش، ۸ سی سی از تیمارهای آزمایشی تهیه شده شامل سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم و تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول اضافه شد. به منظور رعایت شرایط یکنواخت برای تمامی تیمارها ابتدا وزن اولیه آن‌ها یادداشت شد و سپس با پارافیلم درب پتری‌ها بسته شد و در محیط آزمایشگاه قرار گرفت (Ahmadpour et al., 2015). پتری‌دیش‌ها به صورت روزانه بازدید و هر بذر که دارای طول ریشه‌چه ۳ میلی متر بود، بر اساس دستورالعمل انجمن بین المللی آزمون جوانه‌زنی بذر (International Seed Testing Association) به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (ISTA, 2009). بررسی روزانه پتری‌دیش‌ها به‌مدت ١٤ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه زده

به صورت روزانه یادداشت شد. مهمترین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۳ روابط محاسباتی مورد استفاده برای تعیین شاخص بنیه بذر، درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

شاخص	رابطه	منابع مورد استفاده
درصد جوانه‌زنی	$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times 100$	(Agrawal, 1991)
سرعت جوانه‌زنی	$GS = \sum \frac{ni}{ti}$	(Agrawal, 1991)
بنیه جوانه‌زنی	$GV = \frac{GR \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)
شاخص بنیه بذر	$SV = \frac{GP \times mean(PL + RL)}{100}$	(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 جوانه‌زنی، N = تعداد بذرهای کاشته شده، PL = طول ساقه چه، RL = طول ریشه چه

برداشت جوانه‌ها به منظور بررسی خصوصیات رشدی بذرهای جوانه زده ۱۵روز پس از شروع آزمایش بود. پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله خط‌کش میلی‌متری اندازه گیری شد. از مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول گیاهچه محاسبه شد. به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، ساقه‌چه و ریشه‌چه در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Ahmadpour et al., 2016). با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز آماری داده‌ها انجام شد، بدین صورت که پس از نرمال سازی داده‌ها به منظور تعیین سطح معنی‌داری در اثرات متقابل تیمارها از آزمون ANOVA استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد ($P \leq 0.01$) و ۵ درصد ($P \leq 0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی: آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی تاثیر معنی داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در سطح احتمال خطای ۵ درصد داشت (جدول ٤).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
		میانگین مربعات			
عصاره جلبک دریایی	۳	۲۱۱۰/۱۱۷**	۱/٤٦۱**	۰/۰۲۷**	۲۲/٤۹۸**
تنش خشکی	۳	٥٦۰۸/٥۰۷**	۹/۱۹٥**	۰/۱۲٤**	٦۳/۲٦۱**
عصاره×تنش	۹	۹۲/۰۹٦*	۰/۰٤۳*	۰/۰۰۲*	۲/۱۰٦*
خطای آزمایش	۳۲	٥٥/۸۸۷	۰/۱۷٦	۰/۰۰۱	۰/۲٦۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۹/٥٥	۲۲/۰۹	۱٥/٦۸	۱٦/٦٤

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

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با سطح شاهد (بدون کاربرد عصاره) شد. در مقایسه بین سطح ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک دریایی، سطح ٦ درصد موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی نسبت به سطح ۳ درصد حجمی شد. در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ۰/۳- مگاپاسکال (تنش خفیف)، بین سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی از عصاره تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط تنش ۰/٦- مگاپاسکال (تنش متوسط)، سطح ٦ درصد حجمی عصاره بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشت که در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی داری داشت. در این سطح از تنش (۰/٦- مگاپاسکال)، کمترین میزان درصد جوانه‌زنی به سطح ۹ درصد حجمی عصاره اختصاص داشت که نسبت به سایر سطوح کاهش معنی داری داشت. در شرایط تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال) سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره توانستند موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شوند (جدول ۵).

جدول ۵-مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پیاز تحت تاثیر برهم‌کنش عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
	شرایط بدون تنش (شاهد)			
صفر (شاهد)	٤۸/۸۷ de	۲/٦٦ b	۰/۲۳ c	٤/۱۸ de
۳ درصد حجمی	٦۳/۳۰ b	۳/۲٦ a	۰/۳۲ b	٦/۱۹ b
٦ درصد حجمی	۷۹/۹۷ a	۳/٤۰ a	۰/۳۷ a	۸/۷٤ a
۹ درصد حجمی	٥۲/۲۰ cd	۲/۳۳ bcd	۰/۱۹ de	٤/۲۹ d
	تنش خشکی ملایم (۰/۳- مگاپاسکال)			
صفر (شاهد)	۳۸/۸۷ fg	۲ def	۰/۱٤ f	۲/۷٥ f
۳ درصد حجمی	٤٦/٦۳ de	۲/۲۳ cd	۰/۱۸ de	۳/۸۱ e
٦ درصد حجمی	٦٥/٥۳ b	۲/٤۰ bc	۰/۲۱ cd	٥/۷٥ c
۹ درصد حجمی	۳۳/۲۰ gh	۱/۸۰ ef	۰/۱۱ g	۲/۲٦ g

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
تنش خشکی متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)				
صفر (شاهد)	۳۱/۰۷ h	۱/۷۰ fg	۰/۰۹ gh	۱/۷۱ h
۳ درصد حجمی	٤٤/٤۳ ef	۱/۹٦ def	۰/۱۳ f	۳/۰٤ f
٦ درصد حجمی	٥٥/٥۳ c	۲/۱۳ cde	۰/۱۷ e	٤/۳۹ d
۹ درصد حجمی	۱۳/۳۰ i	۱/۳٦ gh	۰/۰۷ hi	۰/۷۱ i
تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال)				
صفر (شاهد)	٤/٤٤ j	۰/۸۰ i	۰/۰۳ jk	۰/۰٦ k
۳ درصد حجمی	۱٤/٤۰ i	۰/۹٦ i	۰/۰٤ ij	۰/٦۸ i
٦ درصد حجمی	۱۸/۸۷ i	۱/۰٦ hi	۰/۰٥ ij	۰/٥٤ ij
۹ درصد حجمی	۱/۱۰ j	۰/۳٦ j	۰/۰۱ k	۰/۰۳ k

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در بررسی مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش اثرات متقابل عصاره جلبکی و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی بذرها مشاهده شد که در شرایط بدون تنش، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار این شاخص در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در شرایط تنش ملایم و متوسط (به‌ترتیب ۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال)، سطح ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک آسکوفیلوم به صورت معنی داری سرعت جوانه‌زنی بذر را در مقایسه با دیگر سطوح افزایش داد. سطح ۹ درصد حجمی از عصاره آسکوفیلوم کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی را در هر دو شرایط تنش ملایم و متوسط داشت که با سطح شاهد اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط تنش شدید (۰/۹- مگاپاسکال)، سطح ۹ درصد حجمی عصاره موجب کاهش معنی داری در سرعت جوانه‌زنی بذرها در مقایسه با سایر سطوح شد. در این شرایط از تنش، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی مشاهده نشد (جدول ۵). در مقایسه میانگین‌ها برای قدرت جوانه‌زنی بذر مشاهده شد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/٦- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی دار قدرت جوانه‌زنی بذر در مقایسه با سایر سطوح (شاهد و سطح ۹ درصد حجمی) شد. لازم به ذکر است که سطح ٦ درصد حجمی عصاره آسکوفیلوم نسبت به سطح ۳ درصد حجمی نیز برتری محسوس و معنی داری داشت. در شرایط تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی به صورت معنی‌داری قدرت جوانه‌زنی را افزایش دادند اما در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال، تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبکی مشاهده نشد و تنها در سطح ۹ درصد حجمی کاهش معنی داری در قدرت جوانه‌زنی نسبت به سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره مشاهده شد (جدول ۵). نتایج بررسی اثرات متقابل تنش و عصاره جلبکی بر شاخص بنیه بذر نشان داد که در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و متوسط، سطح ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم بیشترین میزان شاخص بنیه بذر را داشت که در مقایسه با سایر

سطوح (شاهد، ۳ و ۹ درصد حجمی) اختلاف معنی داری داشت. سطح ۳ درصد حجمی عصاره نیز در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی به صورت معنی داری شاخص بنیه بذر را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی شدید، سطح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار این شاخص در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد (جدول ۵).

شاخص‌هایی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از شاخص‌های تعیین کننده در محصول نهایی گیاهان زراعی محسوب می‌شود. افزایش در این شاخص‌ها بوسیله تیمارهای بهبود دهنده نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد (Rahbarian et al., 2012). مطالعات متعدد در حیطه جوانه‌زنی گزارش کردند که افزایش در این شاخص‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی در خاک می‌شود (Hosseinzadeh, 2015; Ahmadpour et al., 2019). تنش خشکی در اثر کاهش آب قابل دسترس، منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر و دناتوره شدن ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها (بویژه آنزیم آلفا-آمیلاز) می‌شود که علت اصلی کاهش درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی در گیاهان است (Kalefetoglu Macar et al., 2009). بذرهای تمامی گیاهان حساس در مواقعی که با تنش خشکی رو به رو می‌شوند، با کاهش مدت زمان جوانه‌زنی و سبز شدن سریع سعی در فرار از این شرایط دارند و در این حالت مهمترین شاخص‌های جوانه‌زنی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر یه صورت معنی‌داری کاهش می-یابد (Ahmadpour et al., 2016). در این مطالعه نیز مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی (تنش خشکی متوسط و شدید) در مقایسه با شرایط بدون تنش شاخص‌هایی نظیر جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر کاهش معنی‌داری داشت.

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم با داشتن ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn)، پرمصرف (N، K، Ca، Mg) و برخی هورمون‌ها نظیر اکسین و سیتوکینین نقش مهمی در تنظیم اسمزی محیط اطراف بذر، افزایش تقسیم سلولی، تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی کوفاکتورها در فرآیندهای بیوشیمیایی را دارند (Zang and Ervin, 2004; Ahmadpour et al., 2019). آنزیم آلفا آمیلاز نقش اساسی و تعیین کننده در مرحله جوانه‌زنی بذر دارد، این آنزیم با تجزیه ذخایر غذایی موجود در آندوسپرم (نشاسته)، منابع غذایی مورد نیاز جوانه‌زنی را تامین می کنند. مطالعات گزارش کردند که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب افزایش هورمون سیتوکینین در محیط کشت می شود که موجب افزایش تقسیم سلولی و فعال سازی آنزیم آلفا-آمیلاز شده و در نهایت منجر به افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی شد (Zang and Ervin, 2004; Brune, 2009). در این مطالعه مشاهده شد که کاربرد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی توانست موجب افزایش معنی دار شاخص‌های جوانه‌زنی مورد بررسی در مقایسه با شاهد شود. در شرایط تنش ملایم و متوسط نیز کاربرد این سطوح مثبت و معنی دار بود و موجب بهبود معنی دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شد. شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی از مهمترین صفات ارزیابی تحمل به تنش خشکی در بذر محسوب می‌شوند. شاخص بنیه بذر رابطه مستقیم با درصد

جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارد و قدرت جوانه‌زنی نیز رابطه مستقیم با سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارد (ISTA, 2009). با توجه به نتایج این مطالعه، افزایش شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی را می‌توان به افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه در این سطوح نسبت داد.

خصوصیات رشدی مرتبط با جوانه‌زنی بذر: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر طول گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشت (جدول ٦). جدول ۷ مقایسه میانگین داده‌ها را نشان می‌دهد و برای طول گیاهچه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار طول گیاهچه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در شرایط تنش ملایم و متوسط (۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی برتری محسوس و معنی داری از لحاظ طول گیاهچه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی داشتند. در هر دو شرایط تفاوت معنی داری بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی وجود نداشت. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی مشاهده نشد و تنها مشاهده شد که کاربرد ۹ درصد حجمی از عصاره موجب کاهش معنی دار طول گیاهچه در مقایسه با سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی شد (جدول ۷).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	طول گیاهچه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه
		میانگین مربعات				
عصاره جلبک دریایی	۳	۱۳/۳۰۷**	۰/۰۰۰٤**	۰/۰۰۰۲**	۷/۹۹۱**	۱/۳۰۹**
تنش خشکی	۳	۹۲/٤۹٦**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۳**	٤٦/۱۱۲**	۱۰/۵۰۲**
عصاره× تنش	۹	۰/۳۰٦*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۱*	۰/۲۳۹*	۰/۰۷٦*
خطای آزمایش	۳۲	۱/٦۸۲	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۹۱۵	۰/۱٤۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۹/۸۳	۱۸/۳۱	۲۲/۹۳	۲۰/۸٤	۲۰/۰۲

ns، **، * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

در مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با وزن خشک ساقه‌چه مشاهده شد که تنش خشکی متوسط و شدید موجب کاهش معنی دار این صفت در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی شد. در شرایط بدون تنش خشکی، سطح ٦ درصد حجمی بیشترین میزان طول ساقه‌چه را داشت که نسبت به سطح ۹ درصد حجمی افزایش معنی داری داشت اما در مقایسه با سطوح شاهد و ۳ درصد حجمی عصاره اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط تنش ملایم، متوسط و شدید اختلاف معنی داری بین سطوح عصاره جلبکی مشاهده نشد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن خشک ریشه چه نشان داد که در شرایط بدون تنش، سطح ٦ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی به صورت معنی داری وزن خشک ریشه چه بذرها را در

مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی افزایش داد. این سطح از عصاره تفاوت معنی داری با سطح ۳ درصد حجمی نداشت. در شرایط تنش ملایم، متوسط و شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح عصاره جلبک دریایی مشاهده نشد (جدول ۷). در بررسی اثرات متقابل عصاره جلبکی و تنش خشکی بر طول ساقه چه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، سطح ٦ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در جدول ۷، اختلاف معنی داری بین سطح ۳ و ٦ درصد حجمی در شرایط بدون تنش و تنش ملایم مشاهده نشد. در شرایط تنش متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره موجب افزایش معنی دار طول ساقه چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی تفاوت معنی داری مشاهده شد به طوری که سطح ٦ درصد حجمی نسبت به سطح ۳ درصد حجمی برتری محسوس و معنی داری داشت. در شرایط تنش خشکی شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی وجود نداشت اما سطح ۹ درصد حجمی عصاره جلبکی به صورت معنی داری طول ساقه چه را کاهش داد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پیاز تحت تاثیر برهم‌کنش عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)
شرایط بدون تنش (شاهد)					
صفر (شاهد)	۸/٥٦ c	۰/۰۰۷٤ abc	۰/۰۰۲۲ bcd	٦/۰٦ bc	۲/٥۰ c
۳ درصد حجمی	۹/۸۳ b	۰/۰۰۸۱ ab	۰/۰۰۳۰ ab	٦/۷۳ ab	۳/۱۰ b
٦ درصد حجمی	۱۰/۹۳ a	۰/۰۰۹۲ a	۰/۰۰۳٦ a	۷/٤۰ a	۳/٥۳ a
۹ درصد حجمی	۸/۲٦ c	۰/۰۰٦۲ bcd	۰/۰۰۲۲ bc	٥/٦۳ cd	۲/٦۰ c
تنش خشکی ملایم (۰/۳- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	۷/۰٦ de	۰/۰۰٥۹ cd	۰/۰۰۱٦ cde	٥/۰۳ de	۲/۰۳ de
۳ درصد حجمی	۸/۲۰ c	۰/۰۰٦۸ bcd	۰/۰۰۲۱ bcd	٥/۹۰ bc	۲/۳۰ cd
٦ درصد حجمی	۸/۷٦ bc	۰/۰۰٦۹ bcd	۰/۰۰۲٤ bc	٦/۱۳ bc	۲/٦۳ c
۹ درصد حجمی	٦/۲۳ ef	۰/۰۰٥۳ cde	۰/۰۰۱٦ cde	٤/٤۳ ef	۱/۸۰ ef
تنش خشکی متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	٥/٤۳ f	۰/۰۰٤۹ de	۰/۰۰۱۲ ef	۳/۸۳ f	۱/٦۰ fg
۳ درصد حجمی	٦/۸۳ de	۰/۰۰٥٤ cde	۰/۰۰۱٥ cde	٤/۸٦ de	۱/۹٦ e
٦ درصد حجمی	۷/۹۰ cd	۰/۰۰٥٤ cde	۰/۰۰۱۹ cde	٦ bc	۱/۹۰ ef
۹ درصد حجمی	٥/۳۳ f	۰/۰۰۳۷ ef	۰/۰۰۱۳ de	۳/۹۳ f	۱/٤۰ g
تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	۲/٥۳ gh	۰/۰۰۱۹ fg	۰/۰۰۰۳ f	۱/۸٦ g	۰/٦٦ h
۳ درصد حجمی	۳/۱٦ g	۰/۰۰۲۲ fg	۰/۰۰۰۳ f	۲/۲۳ g	۰/۹۳ h
٦ درصد حجمی	۳/٥۳ g	۰/۰۰۲۲ fg	۰/۰۰۱۱ ef	۲/٦۳ g	۰/۹۰ h
۹ درصد حجمی	۲/۰۳ h	۰/۰۰۰٦ g	۰/۰۰۰۳ f	۰/۷۳ h	۰/۳۰ i

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

آنالیز داده‌های مربوط به طول ریشه چه نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ملایم، کاربرد سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی دار طول ریشه چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش ملایم، بین سطح شاهد و ۹ درصد حجمی عصاره جلبک تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در شرایط تنش متوسط، سطح ۳ درصد حجمی عصاره بیشترین طول ریشه چه را داشت که در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی افزایش معنی داری داشت و در مقایسه با سطح ٦ درصد حجمی تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبکی مشاهده نشد اما کاربرد سطح ۹ درصد حجمی از عصاره موجب کاهش معنی دار طول ریشه چه در مقایسه با سایر سطوح شد (جدول ۷).

فرآیندهای مربوط به خصوصیات رشدی در بذر نظیر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به کمبود آب قابل دسترس حساس‌اند، بدین صورت که با افزایش شدت تنش خشکی فرآیندهایی نظیر انبساط و طویل شدن سلول‌ها، سنتز کربوهیدرات‌های دیواره سلولی، تولید مواد غذایی و هورمونی مورد نیاز برای رشد سلول با کاهش معنی‌دار مواجه می‌شوند (Hosseinzadeh, 2015). مطالعات در حوزه تاثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذرهای گیاهان زراعی نشان داده است که تنش خشکی در شدت پایین (تنش ملایم) از طریق کاهش انتقال مواد غذایی و تنش خشکی در شدت بالا (تنش متوسط و شدید) بوسیله عدم انتقال مواد غذایی از لپه به جنین منجر به کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود (Gamze et al., 2005; Armand et al., 2015). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب و از دسترس خارج شدن آب برای بذر در توقف رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش مهمی دارد، به‌طوری‌که با کمبود آب پیوندهای موجود در دیواره سلول‌های ریشه‌چه سخت‌تر شده و در نتیجه توسعه‌پذیری، رشد طولی و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه محدود می‌شود (Hosseinzadeh, 2015; Ahmadpour et al., 2016). در مطالعه دیگر گزارش شد که علت کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیرلپه (هیپوکوتیل) است که در نهایت می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار طول گیاهچه شود (Rahbarian et al., 2012). تجمع ماده خشک (وزن خشک) و رشد طولی اندام‌ها همبستگی مثبت و بسیار بالایی با یکدیگر دارند، به‌طوری‌که کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌گردد (Armand et al., 2015; Hosseinzadeh et al., 2016). در این مطالعه نیز مشاهده شد که تنش خشکی متوسط و شدید در مقایسه با شرایط بدون تنش موجب کاهش معنی‌دار خصوصیات رشدی نظیر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد.

طبق نتایج این مطالعه، کاربرد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (به خصوص سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) تاثیر مثبت و افزایشی بر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه داشت. در زمینه استفاده از عصاره جلبکی در مطالعات متعددی گزارش شده که جلبک آسکوفیلوم نودوسوم دارای ویزیکول‌های متعددی در بخش ساقه بوده که این بخش‌ها غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Jannin et al., 2013; Ahmadpour et al., 2019). 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 سیتوکینین در عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم افزایش طولی گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه به دلیل تغذیه مستقیم از این ترکیبات و فعالیت سیتوکینین قابل پیش‌بینی است (Ramarajan et al., 2012). مهمترین آنزیم در فرآیند فیزیولوژیک جوانه‌زنی آنزیم آلفا-آمیلاز است که قادر است با اتصال به باندهای گلیکوزیدی آمیلوز (پلی‌ساکارید ذخیره‌ای در بذرهای گیاهان) در تجزیه نشاسته و تأمین انرژی مورد نیاز برای فرآیندهای رشدی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش داشته باشد (Farooq et al., 2007). قناد و همکاران در مطالعه بر روی عصاره جلبک‌های قهوه ای گزارش کردند که کاربرد این عصاره‌ها در کشاورزی می تواند در افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های مهم در جوانه‌زنی نظیر آلفا و بتا آمیلاز نقش داشته باشد (Ghanad et al., 2017). نتایج این مطالعه همسو با مطالعات ذکر شده بود و کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی توانست منجر به افزایش طول گیاهچه شود. کاهش معنی دار خصوصیات رشدی در سطح ۹ درصد حجمی را می توان به اثرات سمی عصاره جلبکی در غلظت‌های بالا نسبت داد. در حالت کلی افزایش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در این مطالعه را می‌توان با افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه 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 گیاهچه و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌باشد (Kord Firouzjai et al., 2012; Ramarjan et al., 2012). یکی دیگر از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) آلجیناز است که از مهمترین ویژگی‌های آن نقش مستقیم در ژله‌ای شدن دیواره سلولی و افزایش توسعه‌پذیری است، بنابراین استفاده از عصاره جلبکی در شرایط تنش خشکی می‌تواند تاثیر مثبت در رشد طولی و تجمع ماده خشک گیاه داشته باشد (Zodape et al., 2001; Kumar and Sahoo, 2011). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی به ویژه در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش متوسط تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پارامترهای رشدی از قبیل طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و طول گیاهچه داشت اما در شرایط تنش شدید کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم تاثیر معنی داری بر صفات رشدی نداشت که به نظر می‌رسد استفاده از عصاره جلبک دریایی در غلظت‌های بالاتر از ٦ درصد حجمی اثرات منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشاهده شد که افزایش شدت تنش خشکی از صفر تا ۰/۹- مگاپاسکال موجب کاهش معنی‌دار کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی مورد بررسی شد. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با خصوصیات مفید فراوان نظیر مواد مغذی، پلی‌ساکارید، پروتئین و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی توانست، موجب افزایش معنی‌دار صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، سطح ریشه‌چه، قطر ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در مقایسه با سطح بدون

استفاده از عصاره جلبکی شود. در بررسی اثرات متقابل عصاره جلبک آسکوفیلوم و تنش خشکی بر پارامترهای جوانه‌زنی به صورت کلی و خلاصه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد عصاره در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار در کلیه صفات مورد بررسی شد. در این شرایط سطح ٦ درصد حجمی در مقایسه با سطح ۳ درصد حجمی برتری محسوس و معنی داری در درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه و طول ریشه چه داشت. در شرایط تنش ملایم (۰/۳- مگاپاسکال) و تنش متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی در مقایسه با سطح بدون کاربرد عصاره (شاهد) موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه شد. در مقایسه بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبکی نیز سطح ٦ درصد حجمی در صفات درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر برتری معنی داری داشت. در شرایط تنش شدید تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی در کلیه صفات مورد بررسی به جز درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر مشاهده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم (سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) که به فراوانی در سواحل خلیج فارس مشاهده می شود، توانست در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی به خصوص در شرایط تنش ملایم و متوسط نقش داشته باشد. با توجه به توسعه کشت پیاز در شهرستان بهبهان و گزارش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر بذرهای پیاز (رقم بومی بهبهان)، استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در خاک می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات رشدی و استقرار مناسب گیاهچه نقش مهمی ایفا کند و در نهایت موجب افزایش عملکرد و محصول این گیاه گردد.

سپاسگزاری

بجا و شایسته است از مدرسه فرزانگان دکتر عادلی شهرستان بهبهان به دلیل حمایت مالی در اجرای این طرح تشکر نماییم.

References

Agrawal, R. L. (1991). Seed Technology. Oxford and IBH publication. New York, USA. P 320.

Ahmadpour, R., Armand, N., Hoseinzadeh, S., Chashiani, S. (2016). Selection drought tolerant cultivars of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by measuring germination parameters. Iranian Journal of Seed Sciences and Research. 3(3): 75-87. [In Persian with English Summary].

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., Armand, N. and Fani, E. (2015). Effect of methanol on germination characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under drought stress. Iranian Journal of Seed Research. 2: 83-96. [In Persian with English Summary].

Ahmadpour, R., Mohamadi, F and Armand, N. (2020). Interactions of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and drought stress on seed germination indicators of tomato (*Lycopersicon esculentom*.L). Journal of Seed Research.10(35): 31-44.

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., Armand, N and Hosseinzadeh, S. R. (2019). Effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on the stimulation of germination indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Nova Biologica Reperta. 6(2): 206-216. [In Persian with English Summary].

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 Science and Utilization. 26: 1-14.

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. Iranian Journal of Pulses Research. 6: 42-53. [In Persian with English Summary].

Arvin, M.J. and Kazemi-Pour, N. (2003). Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of 4 Onion (Allium cepa) cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 5(4): 41-51.

Brune, D.E., Lundquist, T.J. and Benemann, J.R. (2009). Microalgal biomass for greenhouse gas reductions: Potential for replacement of fossil fuels and animal feeds. Journal of Environmental Engineering. 135: 1136–1144.

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. Journal of Algal Biomass and Utilization. 6: 88-94.

Craigie JS. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Apply Phycology. 23:371–393.

Di Girolamo, G. and Barbanti, L. (2012). Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy. 7(2): 178-188.

Dini, I., G.C. Tenore, and Dini, A. (2008). Chemical composition, nutritional value and antioxidant properties of Allium cepa L. var. tropeana (red onion) seeds. Food Chemistry. 107(2): 613-621.

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

Fritsch, RM. And Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. Allium Crop Science: Recent advances. Osnabruk. Germany. 26 pp.

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 Journal of Agriculture. 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 Biologica Reperta. 3(4): 295-307. [In Persian with English Summary].

Ghodrati, M., Chaparzadeh, N. and Dilmaghani, K. (2013) Interactive effects of copper and ascorbic acid on some physiological characters in *Allium cepa* L.. Iranian Journal of Plant Biology. 5(18): 37-52 [In Persian with English Summary].

Hosseinzadeh, S.R. (2015). Effect of vermicompost on germination, morphophysiological and biochimical characteristics of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L., cv. Pirouz) and (*Cicer arietinum* L., cv. Karaj) under drought stress. Ph.D Dissertation, Lorestan University, Iran.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Journal of Plant Researches. 29(3): 589-598. [In Persian with English Summary].

ISTA: International Seed Testing Association. (2009). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 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. Journal Plant Growth Regulation. 32: 31-52.

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. Journal of science. 22: 5-14.

Khan, W., Subramanian, S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extract as biostimulants of plant growth and development. Journal of growth regulation. 28 (4):386-399.

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. Journal of Science and Technology Seed. 2(2): 1-10.

Kumar, G. and Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. Journal of Applied Phycology. 23: 251-255.

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

Michael B. E. and Kaufman M. R. (1976). The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology. 51: 914-916.

Mokhtari, I., Abrishamchi, P., Ganjeali, A. (2009). The effects of Calcium on amelioration of injuries salt stress on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentom.*L). Journal of Agricultural Science and Technology. 22(1): 89-100. [In Persian with English Summary].

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., Najafi, F. (2012). Drought stress effect on germination and seedling for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under control condition. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(3): 522-531. [In Persian with English Summary].

Ramarajan, S., Joseph, L.H. and Ganthi, A.S. (2012). Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. Journal of Crop Science and Technology. 1(2): 1-5.

Zhang, X.E. and Ervin, H. (2008). Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. Crop Science. 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 Science. 44: 1737-1745.

Zodape, S.T. (2001). Seaweeds as a biofertilizer. Journal of Science and Industrial Research. 60(5): 378-382.