اثر پیش تیمار زیستی بر خصوصیات جوانه‌زنی عدس (*Lens culinaris* Medik) در دماهای مختلف

راهله احمدپور[۱]، پرتو نصیری[۲]، سعیدرضا حسین زاده[۳]*، نظام آرمند[۱]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

[۲]دانشجوی کارشناسی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

[۳]دکتری زیست شناسی، پژوهشکده تعلیم و تربیت، آموزش و پرورش، خوزستان، اهواز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۰

چکیده

جوانه‌زنی بذر یکی از با اهمیت ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان است و مشخص شده است که چنانچه مرحله جوانه زنی با موفقیت همراه باشد، در مراحل بعدی رشد و نمو، گیاهچه هایی با استقرار مناسب و بنیه بهتر ایجاد خواهد شد. در این پژوهش برهم‌کنش عصاره جلبک دریایی و تغییرات دمایی بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاه عدس (رقم گچساران) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه خاتم الانبیاء بهبهان مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل: عصاره جلبک دریایی در سطوح صفر، ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی و دما در ۳ سطح ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. تیمارهای دمایی مشابه با شرایط طبیعی فصل پاییز در استان خوزستان انتخاب شد. نتایج این مطالعه نشان داد که دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی (درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه) شد. عصاره جلبک دریایی در تیمار ۲/۵ درصد حجمی در کلیه تیمارهای دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد. سطوح بالای عصاره جلبکی (سطح ٤/۵ درصد حجمی) در مقایسه با سطح شاهد اثرات منفی معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه داشت. با توجه به کشت پاییزه عدس و نوسانات دمایی در این فصل (محدوده دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) کاربرد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به عنوان یک کود زیستی قابل دسترس و ارزان قیمت جهت بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی بذر عدس و نیز استقرار مناسب گیاهچه در محدوده دمایی فوق توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آندوسپرم مصرفی، جلبک قهوه‌ای، دما، شاخص بنیه بذر، کودهای آلی

مقدمه

گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) منبع غذایی مهم برای انسان و از ارزشمندترین حبوبات به شمار می‌رود (Mashair, 2006). عدس با پروتئین گیاهی در حدود ۲۸ درصد، می‌تواند در تامین پروتئین مورد نیاز بدن نقش مهمی ایفا کند (Erskine et al., 2009). بذر این گیاه توانایی جوانه‌زنی در خاک‌های فقیر و نه چندان حاصلخیز دارد و کشت

*نویسنده مسئول: Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

آن در ایران عمدتاً در مناطق معتدل و نیمه سردسیر به صورت پاییزه و در مناطق مرتفع سردسیر به صورت بهاره (کشت دیم) انجام می‌شود (Ahmadpour et al., 2016). دما از عوامل محیطی موثر بر کلیه فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاهان نظیر جوانه‌زنی، گلدهی و رشد است و در تمامی این مراحل آستانه‌های حداکثر و حداقل دما بر فعالیت موثر است (Al-Ahmadi and Kafi, 2007). جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل در استقرار گیاهچه‌ها می‌باشد، تاخیر در جوانه‌زنی بذر موجب استقرار ضعیف و تراکم پایین گیاهچه همراه است. از سوی دیگر کاهش تراکم گیاهچه می‌تواند در افزایش گیاهان هرز، افزایش تبخیر و هدررفت آب موثر باشد و در نهایت سبب محدودیت شدید در عملکرد گیاهان زراعی شود (Soltani and Galeshi, 2002).دمای محیط موفقیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را تعیین می‌کند و از این طریق بر درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی تاثیر می‌گذارد (Sink et al., 2004).در یک مطالعه که به منظور تعیین دمای بهینه بر روی دو ژنوتیپ عدس انجام شد گزارش شد که این گیاه در دامنه وسیع از دما ۱۰ تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بوده و دمای مطلوب و بهینه جوانه‌زنی بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Azari et al., 2020). در آزمایشی دیگر بر روی ژنوتیپ‌های عدس گزارش شد که دمای مطلوب جوانه‌زنی بین ۲۳ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است که در این محدوده ارقام مورد بررسی بیشترین نرخ جوانه‌زنی را داشتند (Rahban et al., 2014). با توجه به اینکه در استان خوزستان کشت عدس به صورت پاییزه انجام می‌شود، درجه حرارت در زمان کاشت از مهمترین عوامل مؤثر در جوانه زنی و سبزشدن به شمار می‌رود. در این پژوهش محدوده دمایی بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد تا مشابه با شرایط محیطی فصل پاییز در استان خوزستان باشد.

تکنیک پرایمینگ زیستی بذر از شیوه‌های جدید در تحریک جوانه‌زنی و بهبود یکنواختی رشد گیاهچه‌ها محسوب می‌شود. در این روش از ترکیبات بیولوژیک نظیر عصاره‌های مختلف جلبکی و قارچی به عنوان پیش‌تیمار در جهت افزایش پارامترهای جوانه‌زنی استفاده می‌شود (Ghannad et al., 2017; Zhang and Ervin, 2004). 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). این جلبک‌ها از منابع قابل دسترس (در سواحل خلیج فارس) و ارزان قیمت به شمار می‌رود که گونه *Ascophyllum nodosum* از پرکاربردترین آنها در کشاورزی است. مطالعات متعددی گزارش کردند که عصاره حاصل از جلبک‌های دریایی شامل ترکیبات مختلفی از پلی‌ساکاریدها، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و عناصر معدنی می‌باشد (Ghaffari Zadeh et al., 2015; Ahmadpour et al., 2019). در زمینه تاثیر عصاره جلبک دریایی بر گیاهان گزارش شد که این عصاره 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 and Ervin, 2008; Kumar and Sahoo, 2011). در یک مطالعه بر روی بذرهای نخود مشخص شد که پیش‌تیمار بذر با عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم در سطوح ۲/۵ و ۳/۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، سطح ریشه‌چه، قطر ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه شد (Ahmadpour et al., 2019).

با توجه به اینکه در استان خوزستان کشت پاییزه عدس رواج دارد و در این فصل در زمان کاشت دما نوسانات زیادی دارد، در این پژوهش محدوده دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد (مشابه با شرایط طبیعی فصل پاییز در استان خوزستان، شهرستان بهبهان) بررسی شده تا یکی از اهداف این مطالعه که تعیین دمای بهینه برای جوانه‌زنی عدس در

این فصل است، برآورده شود. هدف دیگر این پژوهش، بررسی روش بیوپرایمینگ بذر با عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به عنوان یک کود زیستی قابل دسترس و ارزان قیمت جهت بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و رشد بذر عدس در محدوده دمایی فوق بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در سال ۱۳۹٦ انجام شد. بذر مورد مطالعه رقم گچساران بود که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران تهیه شد. تیمارهای آزمایش شامل ۵ سطح از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم صفر، ۳، ٦، ۹ و ۱۲ درصد حجمی و ۳ سطح دمایی ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. تیمارهای عصاره جلبکی بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان (Ahmadpour et al., 2016; Ahmadpour and Armand, 2020) و تیمارهای دمایی بر اساس مشابهت با شرایط طبیعی فصل پاییز در شهرستان بهبهان انتخاب شد. عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* از شرکت همیار دشت آبرون تهیه شد. خصوصیات عصاره جلبک دریایی مورد استفاده بررسی در جدول ۱ ذکر گردیده است.

به منظور انجام پژوهش کلیه پتری‌دیش ها استریل شدند و بذرها نیز با قارچ کش بنومیل ۲ در هزار طبق روش (Hosseinzadeh et al., 2016) ضدعفونی شدند. یک پتری‌دیش به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و ۳۰ بذر در هر واحد آزمایشی قرار گرفت. عصاره جلبکی طبق تیمارهای آزمایشی با آب مقطر رقیق شد و در هر تکرار از پتری‌دیش‌ها به میزان ۸ میلی‌لیتر از عصاره جلبکی افزوده شد. به منظور رعایت شرایط یکسان برای تمامی تیمارها وزن اولیه آن‌ها ثبت گردید و سپس درب پتری‌ها با پارافیلم بسته و در اتاقک رشد تحت تیمارهای دمایی و در تاریکی گذاشته شدند.

جدول ۱- برخی خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم

نمونه	هدایت‌الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	فولویک اسید (٪)	فسفر (٪)	کلسیم (٪)	پتاسیم (٪)	آهن (٪)	نیتروژن کل (٪)	چگالی نسبی (g/cc)	ماده آلی (٪)
عصاره جلبکی	1.3	9.2	10.5	1	0.18	16.9	0.5	2.5	1.28	15

جهت اعمال دقیق تیمارهای دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) از اتاقک‌های رشد استفاده شد و رطوبت دستگاه‌ها ٤۵ درصد در نظر گرفته شد.بررسی پتری‌دیش‌ها به طور روزانه یک‌بار و به مدت ۱٤ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه‌زده (دارای طول ریشه چه ۳ میلی‌متر) ثبت شدند (ISTA, 2009). درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی با استفاده از روابط ذکر شده در جدول ۲ اندازه‌گیری شد. بذرهای جوانه‌زده ۱۵ روز بعد از شروع آزمایش از پتری‌دیش‌ها خارج شدند و ریشه‌چه- ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله خط کش اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، آنها در آون ۷۰°C به مدت ٤۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری آندوسپرم مصرفی بذر طبق روش حسین زاده، ۲۰۱۵ استفاده شد که 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, 2015).

جدول۲- روابط محاسباتی شاخص های جوانه‌زنی

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

داده‌ها پس از جمع آوری و تبدیل توسط نرم افزار MSTAT-C تجزیه واریانس (ANOVA) شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده هر یک از تیمارها بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و اندوسپرم مصرفی معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمارها بر شاخص‌های قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی نیز معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر عدس در سطوح مختلف عصاره جلبکی و تیمارهای دمایی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	آندوسپرم مصرفی	طول گیاهچه
		میانگین مربعات Mean Square					
عصاره جلبکی	4	161 **	0.143**	0.002**	15.5**	0.005**	4.87**
دما	2	237 **	1.04**	0.014**	37.9**	0.038**	21.2**
عصاره×تنش	8	79.8^{ns}	0.010^{ns}	0.000*	1.49**	0.001**	0.117**
خطای آزمایش	30	40.6	0.006	0.000	0.160	0.000	0.036

ضریب تغییرات (٪)	-	11.6	8.49	12.9	10.2	2.14	2.80

ns ، **، * به‌ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر عدس در سطوح مختلف عصاره جلبکی و تیمارهای دمایی

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
عصاره جلبکی	4	0.669**	1.93**	2.03**	1.29**
دما	2	3.98**	7.66**	6.80**	7.13**
عصاره×تنش	8	0.047**	0.105 *	0.033 ns	0.129**
خطای آزمایش	30	0.011	0.036	0.027	0.010
ضریب تغییرات (٪)	-	4.27	7.55	3.81	2.79

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

مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده عصاره جلبکی بر درصد جوانه‌زنی بذرها نشان داد که سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشتند که در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی‌داری داشتند. کمترین میزان این صفت به سطح ٤/۵ درصد حجمی از عصاره اختصاص داشت که نسبت به سایر سطوح کاهش معنی‌داری داشت (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر عدس در سطوح مختلف عصاره جلبکی

عصاره جلبک دریایی	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول ریشه‌چه (cm)
0	52.89 b	0.858 c	4.09 c
1.5%	63.11 a	0.964 b	4.40 b
2.5%	71.11 a	1.070 a	4.91 a
3.5%	51.78 b	0.844 c	4.60 b
4.5%	35.56 c	0.738 d	3.67 d

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

نتایج مرتبط با اثرات ساده دما بر این صفت نشان داد که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش معنی‌داری در این صفت نسبت به سایر تیمارهای دمایی داشت. بین تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر عدس تحت تیمارهای دمایی

تیمارهای دمایی (سانتی‌گراد)	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	طول ریشه‌چه (cm)
20	50.53 b	0.791 b	4.26 b
25	69.07 a	1.195 a	5.04 a
30	45.07 b	0.699 c	3.70 c

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

در بررسی اثرات ساده عصاره جلبک دریایی بر سرعت جوانه‌زنی، نتایج نشان داد که سطح ۲/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این شاخص نسبت به سایر تیمارهای عصاره جلبکی شد. سطح ٤/۵ درصد حجمی عصاره جلبکی سرعت جوانه‌زنی بذرها را کاهش داد که در مقایسه با تمامی تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ٤). در بین تیمارهای دمایی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به تیمارهای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختصاص داشت که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۵). در بررسی اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی و تیمار دمایی بر قدرت جوانه‌زنی، نتایج نشان داد که در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تمامی سطوح عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم (۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی) موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سایر تیمارهای دمایی شد. در شرایط ۲۰ درجه سانتی‌گراد، سطح ۲/۵ درصد حجمی از عصاره جلبک دریایی توانست به صورت معنی‌داری قدرت جوانه‌زنی را نسبت به سطوح شاهد، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی افزایش دهد اما در مقایسه با سطح ۱/۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت. در تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز سطح ۲/۵ درصد حجمی نسبت به تمامی سطوح موجب افزایش معنی‌دار این صفت شد. تحت دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف معنی‌داری بین سطوح کاربرد عصاره جلبکی مشاهده نشد و تنها سطح ٤/۵ درصد حجمی کاهش معنی‌داری نسبت به سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی داشت (جدول ٦).

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذرهای عدس تحت تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبکی و تیمارهای دمایی

تیمارها/عصاره جلبکی	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	آندوسپرم مصرفی (g)	طول گیاهچه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	وزن خشک ساقه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)
۲۰/20 (C°) درجه سانتی‌گراد							
0	0.043 efg	3.27 def	0.358 gh	6.43 ef	2.36 ef	2.23 gh	4.25 cdefg
1.5%	0.056 de	4.11 cd	0.379 efg	7.03 d	2.66 cd	2.60 ef	4.41 cdefg
2.5%	0.063 cd	4.70 c	0.398 de	7.53 c	2.75 cd	2.96 cd	4.60 cdef
3.5%	0.040 efg	3.37 def	0.383 def	6.77 de	2.31 efg	2.06 ghi	4.15 cdefg
4.5%	0.030 gh	1.70 gh	0.352 h	5.56 h	1.94 hi	1.70 jk	3.81 fg
۲۵/25 (C°) درجه سانتی‌گراد							
0	0.080 bc	4.85 c	0.406 cd	7.60 c	2.81 c	3.13 bc	5 bc
1.5%	0.096 b	6.51 b	0.436 b	8.28 b	3.20 b	3.43 b	5.72 ab
2.5%	0.133 a	8.74 a	0.503 a	9.25 a	3.44 a	4.30 a	6.13 a
3.5%	0.090 b	5.02 c	0.443 b	8.36 b	3.11 b	2.90 cde	4.96 bcd
4.5%	0.066 cd	3.29 def	0.422 bc	6.86 de	2.55 de	2.76 de	4.76 cde
۳۰/30 (C°) درجه سانتی‌گراد							
0	0.033 fgh	2.39 fg	0.320 i	5.45 h	2.03 h	1.93 hij	4.06 defg
1.5%	0.040 efg	3.05 ef	0.356 gh	5.87 gh	2.10 gh	2.10 ghi	4.25 cdefg
2.5%	0.050 def	3.52 de	0.363 fgh	6.30 fg	2.14 fgh	2.30 fg	4.30 efg
3.5%	0.036 fgh	2.55 f	0.352 h	6.12 fg	2.02 h	1.69 jk	4 efg
4.5%	0.020 h	1.32 h	0.327 i	4.79 i	1.71 i	1.43 k	3.53 g

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

مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش تیمارها بر شاخص بنیه بذر نشان داد که در شرایط ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی-گراد، سطح ۲/۵ درصد حجمی از عصاره جلبکی، شاخص بنیه بذر را نسبت به سطوح شاهد، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی به صورت معنی‌داری افزایش داد اما در مقایسه با سطح ۱/۵ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری نداشت. تحت

تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد، سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این شاخص نسبت به دیگر تیمارها شد و در مقایسه با یکدیگر نیز سطح ۲/۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری با سطح ۱/۵ درصد داشت (جدول ٦).

نتایج جدول ٦ نشان می‌دهد که تحت تیمارهای دمایی ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، سطح ۲/۵ درصد حجمی در مقایسه با سطوح شاهد و ٤/۵ درصد از عصاره جلبکی توانست به صورت معنی‌داری آندوسپرم مصرفی را افزایش داد اما نسبت به سطوح ۱/۵ و ۳/۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد، سطح ۲/۵ درصد حجمی در مقایسه با سایر تیمارها میزان آندوسپرم مصرفی را به طور معنی‌داری افزایش داد. در این تیمار دمایی، سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی نیز در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری در این شاخص داشتند (جدول ٦).

ارزیابی پارامترهای رشد مرتبط با جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در شاخص‌های رشد نشان داد که اثرات ساده هریک از تیمارهای عصاره جلبک دریایی و تیمار دمایی تاثیر معنی‌داری بر طول گیاهچه، طول و وزن خشک ساقه‌چه، طول و وزن خشک ریشه‌چه داشت. در برهم‌کنش تیمارها (عصاره×دما) تاثیر معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های رشدی مورد بررسی به جز طول ریشه‌چه، در سطح اطمینان ۹۹ درصد مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها در حالت کلی بر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه نشان داد که در شرایط دمایی ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کاربرد عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها در مقایسه با تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد شد(جدول ٦). نتایج به صورت جزئی‌تر نشان داد که تحت تیمارهای دمایی ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کاربرد سطوح ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی از عصاره موجب افزایش معنی‌دار طول گیاهچه در مقایسه با سطوح شاهد شد. در مقایسه بین این سطوح، تیمار ۲/۵ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت. تحت تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی وجود نداشت اما در مقایسه با شاهد و سطح ٤/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این شاخص شدند (جدول ٦).

نتایج نشان داد که در شرایط دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی از عصاره به صورت معنی‌داری طول ساقه‌چه را در مقایسه با سایر سطوح افزایش دادند. در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کاربرد ۲/۵ درصد حجمی از عصاره بیشترین میزان طول ساقه‌چه را داشت که نسبت به سایر سطوح این افزایش معنی‌دار بود. کمترین میزان این صفت نیز به سطوح ٤/۵ درصد حجمی عصاره اختصاص داشت که در مقایسه با سایر سطوح این کاهش معنی‌دار بود. در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تفاوت معنی‌داری بین سطوح شاهد، ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی مشاهده نشد اما سطح ٤/۵ درصد حجمی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ٦). نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با وزن خشک ساقه‌چه نشان داد که تحت تیمارهای دمایی ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به سطوح شاهد، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی شد. بین سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تنها سطح ۲/۵ درصد حجمی توانست به صورت معنی‌داری وزن خشک ساقه‌چه را در مقایسه با سطوح شاهد، ۳/۵ و ٤/۵ درصد حجمی افزایش دهد (جدول ٦). در بررسی اثرات ساده عصاره جلبکی بر طول ریشه‌چه نتایج نشان داد که سطح ۲/۵ درصد حجمی در مقایسه با تمامی تیمارها توانست به صورت معنی‌داری موجب افزایش طول ریشه‌چه شود. سطوح ۱/۵ و ۳/۵ درصد حجمی اتلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار

داشتند. سطح ٤/٥ درصد نیز موجب کاهش معنی‌دار این صفت در مقایسه با کلیه تیمارها شد (جدول ٤). در بین سطوح دمایی مورد بررسی، تیمارهای ٢٥ و ٣٠ درجه سانتی‌گراد به ترتیب بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه را داشتند که در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ٥). وزن خشک ریشه‌چه تحت تاثیر اثرات متقابل عصاره × دما قرار گرفت و نتایج نشان داد که تحت تیمارهای ٢٠ و ٣٠ درجه سانتی‌گراد، تمامی سطوح کاربردی عصاره جلبکی (١/٥، ٢/٥، ٣/٥ و ٤/٥ درصد حجمی) تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند اما در شرایط دمایی ٢٥ درجه سانتی‌گراد، سطح ٢/٥ درصد حجمی عصاره به صورت معنی‌داری وزن خشک ریشه‌چه را در مقایسه با سطوح شاهد، ٣/٥ و ٤/٥ درصد حجمی افزایش داد. بین سطوح ١/٥ و ٢/٥ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٦).

بحث

ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی: برخی پارامترهای جوانه‌زنی اهمیت بالایی در تعیین سنجش کیفیت بذر دارند، به طوری که مطالعات متعددی گزارش کردند بذرهایی که افزایش معنی‌دار در شاخص‌هایی نظیر درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر دارند در مقایسه با دیگر بذرها موجب استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی در آینده می‌شوند (Bibi et al., 2009; Zakaria et al., 2009; Ahmadpour et al., 2019). جوانه‌زنی بذر واکنش‌های بیوشیمیایی نظیر فعالیت هورمون‌ها (جیبرلین) و فعالیت آنزیم‌ها (آمیلاز، پروتئاز و لیپاز) دارد که تمامی این موارد به دما و رطوبت وابسته بوده و در صورت هرگونه تغییر دمایی در محدوده بالا و پایین دمای بهینه می‌تواند در کاهش معنی‌دار شاخص‌های جوانه زنی مانند درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی موثر باشد (Ganjeali et al., 2008). نتایج این مطالعه نشان داد که در محدوده دمایی ٢٠ و ٣٠ درجه سانتی‌گراد درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری دارد. در این زمینه برخی مطالعات نشان دادند که بذرهای حبوبات در دماهای پایین تر از نقطه بهینه کاهش فعالیت آنزیمی و در دماهای بالاتر از نقطه بهینه با اختلال در فعالیت آنزیم‌ها مواجه می‌شوند که دلیل اصلی کاهش معنی‌دار درصد و سرعت‌جوانه‌زنی به شمار می رود (Ganjeali et al., 2011; Parsa et al., 2013). مطالعات در زمینه پیش‌تیمار بذر با عصاره جلبک دریایی نشان داد که عصاره جلبک آسکوفیلوم در غلظت‌های پایین با افزایش فعالیت هورمونی (بویژه سیتوکینین) و افزایش فعالیت آنزیمی (به ویژه آلفا-آمیلاز) به ترتیب موجب افزایش تقسیم سلولی در بذر و تجزیه ذخایر بذر شده و در افزایش معنی‌دار میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی نقش دارد (Caffagni et al., 2015; Ahmadpour and Armand, 2020). نتایج این پژوهش همسو با مطالعات فوق نشان داد که سطوح متوسط عصاره جلبکی به صورت معنی‌داری درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد.

با توجه به جدول ٢ مشاهده می شود که پارامترهایی نظیر شاخص بنیه بذر و بنیه جوانه‌زنی ارتباط مستقیم با طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی دارند (ISTA, 2009). بر این اساس می‌توان بیان کرد که کاهش شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی در تیمارهای دمایی ٢٠ و ٣٠ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار ٢٥ درجه سانتی‌گراد به کاهش معنی‌دار سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه در این سطوح مرتبط است. عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم به دلیل ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn) و پرمصرف (N، K، Ca، Mg) نقش مهمی در تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی فرآیندهای بیوشیمیایی (به عنوان کوفاکتور

برای برخی آنزیم‌ها) دارند (Zhang and Ervin, 2004; Ghannad et al., 2017). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که در کلیه تیمارهای دمایی، سطح ۲/۵ درصد حجمی عصاره جلبکی توانست به صورت معنی‌داری شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی را نسبت به سطح بدون کاربرد عصاره افزایش دهد.

آندوسپرم مصرفی از شاخص‌های جوانه‌زنی به شمار می رود که نشان دهنده استفاده جنین از ذخایر لپه داخل بذر است (Hosseinzadeh, 2015). در فرآیند جوانه‌زنی، آنزیم آلفا آمیلاز مسئول اصلی تجزیه نشاسته موجود در بذر و افزایش دسترسی بذر به منابع غذایی به شمار می‌رود. مطالعات متعددی در این زمینه بیان کردند که این آنزیم حساسیت بالایی به تغییر دمایی دارد و دماهای بالا موجب دناتوره شدن و دمای پایین موجب غیرفعال شدن آن می-شود (Ganjeali et al., 2008; Parsa et al., 2013). در یک مطالعه گزارش شد که دماهای پایین تر از دمای کاردینال (بهینه) موجب کاهش ویسکوزیته آب و محدودیت جذب آن توسط بذر شده که موجب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های دخیل در فرآیند جوانه‌زنی است (Derek Bewely and Blak, 1994). این پژوهش نشان داد که استفاده از عصاره جلبکی به ویژه سطح ۲/۵ و ۳/۵ درصد حجمی در بهبود آندوسپرم مصرفی در تمامی تیمارهای دمایی نقش داشت. در یک مطالعه بر روی استفاده از عصاره های جلبکی به عنوان پیش‌تیمار بذر مشاهده شد که این ترکیبات با افزایش هورمون‌ها، عناصر معدنی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش خصوصیات جوانه‌زنی (درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی) و فعالیت آنزیم آلفا و بتا آمیلاز شدند (Ghannad et al., 2017).

ارزیابی پارامترهای رشدی مرتبط با جوانه‌زنی: رشد طولی گیاهچه (ریشه‌چه + ساقه‌چه) در مرحله جوانه‌زنی به افزایش یا کاهش دما حساس‌اند به‌طوری‌که تغییرات دمایی از نقطه بهینه موجب کاهش انبساط و طویل شدن سلول‌ها، عدم سنتز کربوهیدرات‌های دیواره سلولی و کاهش هورمون‌های مورد نیاز برای توسعه سلول می‌شود (Alvarado and Bradford, 2002). در یک مطالعه بر روی ارقام گندم علت کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه و ریشه‌چه تحت تاثیر دمای بالا غیرفعال شدن آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز گزارش شد که موجب کاهش تولید و انتقال مواد غذایی به منظور توسعه سلول و رشد طولی می‌شود (Seefeldet et al., 2002). نتایج این پژوهش همسو با نتایج فوق نشان داد که دماهای بالا و پایین از دمای کاردینال موجب کاهش معنی‌دار طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و طول گیاهچه شد. تحت شرایط دمایی ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به ویژه سطوح ۱/۵ و ۲/۵ درصد حجمی توانست به صورت معنی‌داری طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه بهبود دهد (جدول ٦). مطالعات در ارتباط با جلبک *آسکوفیلوم نودوسوم* نشان داد که در بخش ساقه ویزیکول‌های متعددی وجود دارد که غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Ramarajan et al., 2012; Jannin et al., 2013). وجود این ترکیبات به ویژه عناصر مغذی عامل اصلی در افزایش طولی گیاهچه در بذرهای نخود گزارش شد (Ahmadpour et al., 2019).

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دارند (Hosseinzadeh, 2015). کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تاثیر دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد را می‌توان به کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این تیمارها نسبت داد. از سوی دیگر مطالعات متعددی گزارش کردند که کاهش کاهش تولید مواد مغذی در اثر کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده و انتقال کمتر این مواد به محور جنینی از دیگر عوامل اصلی کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تحت تاثیر تغییرات دمایی است (Hardegree, 2006; Al-

Ahmadi and Kafi, 2007). مهمترین مزیت کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم به عنوان پیش‌تیمار داشتن مقادیر بالای عناصر مغذی، پلی‌ساکارید، پروتئین و هورمون‌های گیاهی است که در تغذیه مستقیم بذرهای گیاهان نقش دارند و از این طریق می‌تواند موجب افزایش ماده خشک در بذر شود (Zhang and Ervin, 2004; Ramarajan et al., 2012). از سوی دیگر برخی مطالعات گزارش کردند که غلظت‌های بالای این عصاره به ویژه بالاتر از ٤ درصد حجمی اثرات منفی بر پارامترهای رشدی گیاهچه و بذر دارد که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت (Zodape, 2001; Kord Firouzjai *et al*., 2012).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی (درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه) شد. عصاره جلبک دریایی در تیمار ۲/۵ درصد حجمی در کلیه تیمارهای دمایی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، آندوسپرم مصرفی، طول ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد. سطوح بالای عصاره جلبکی (سطح ٤/٥ درصد حجمی) در مقایسه با سطح شاهد اثرات منفی معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه داشت. با توجه به کشت پاییزه عدس و نوسانات دمایی در این فصل (محدوده دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) کاربرد عصاره جلبک دریایی *آسکوفیلوم نودوسوم* به عنوان یک کود زیستی قابل دسترس و ارزان قیمت جهت بهبود پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی بذر عدس و نیز استقرار مناسب گیاهچه در محدوده دمایی فوق توصیه می‌گردد.

Refrences

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

Ahmadpour, R and Armand, N. 2020. Evaluation of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) in improving germination indices of lentil cultivars. Journal of Seed Research. 10(2): 66-75. [In Persian with English Summary].

Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, 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., 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].

Al-Ahmadi, M.J. and Kafi, M. 2007. Cardian temperature of *Kochia scoparia* (L.). Journal of Arid Environment. 68(2): 308-314.

Alvarado, V., and Bradford, K.J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell and Environment. 25(8): 1061-1069.

Azari, S.J., Parsa, M. Nezami, A. Tavakol Afshari, R. and Nabati, J. 2020. Determination cardinal temperatures seeds germination of two lentil genotype (*Lens culinaris* Medik) under various priming. Iran Journal of Seed Science and Technolgy. 8(2): 1-17. [In Persian with English Summary].

Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N. and Alam, S.S. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpeas genotypes. Pakistan Journal of Botany 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. Journal of Algal Biomass and Utilization. 6: 88-94.

Derek Bewely, J. and Black, M. 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. Second Edition, Pleum Press. New York and London, 445 pp.

Erskine, W., Muehlbauer, F., Sarker, A. and Sharma, B. 2009. The Lentil Botany, Production and Uses. ISBN 978-1-84593-487-3.

Ganjeali, A., Parsa, M., and Khatib, M. 2008. Quantifying seed germination response of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) influenced temperature and drought stress regimes. Agricultural Research. 8: 77-88. [In Persian with English Summary].

Ganjeali, A., Parsa, M. and Amiri-Deh-Ahmadi, S.R. 2011. Determination of cardinal temperatures and thermal time requirement during germination and emergence of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research. 2(2):97-108. [In Persian with English Summary].

Ghaffari Zadeh, A., Seyed Nejad, S.M. and Gilani, A. 2015. The effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on physiological traits and grain yield. Crop Physiology Journal. 7 (27): 69-83.

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].

Hardegree, S. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulation-specific regression. Annals of Botany. 97(6): 1115-1125.

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.

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.

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.

Mashair, A. S., Abdullahi, H., Tinay, E., Elmoneim, A., Elkhalifa, O., Babiker, E. E. and Elkhalil, E.A.I. 2006. Solubility as Influenced by pH and NaCl Concentaration and Functional Properties of Lentil Proteins Isolate. Pakistan Journal of Nutrition. 5: 589-593.

Parsa, M., Ganjeali, A. and Beyk Khurmizi. 2013. Seed germination behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes. Iranian Journal of Pulses Research. 4(2):65-76. [In Persian with English Summary].

Rahban, S., Rassam, Gh., Torabi, B., and Khoshnood Yazdi, A. 2014. Evaluation of Linear and Nonlinear Regression Models to Describe Response of Germination to Temperature in Lentil (*Lens culinaris* Medik.). Journal of Crop Ecophysiology. 8(2): 229-242.

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 Technlogy. 1(2): 1-5.

Seefeldet, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth responses of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum*.L) cultivars from the USA pacific North West. Field Crops Research, 75: 47-52.

Sink, M., Reickhoff, D. and A. Erbershobler. 2004. Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes. Seed Science Technology. 32: 331- 339.

Soltani, A. and S. Galeshi. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research. 77: 17–30.

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 Ecology Science. 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 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.

Journal of Seed Research, Vol. 11, No. 2, Summer 2021

Effect of biological pretreatment on germination characteristics of lentils (*Lens culinaris* Medik) at different temperatures

Raheleh Ahmadpour[1], Parto Nasiri[2], Saeed Reza Hosseinzadeh[3]*, Nezam Armand[1]

[1]Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

[2]Student of Biology Department, Faculty of Science, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

[3] PhD of Biology, Education Research Institute, Department of Education, Khuzestan, Ahvaz

Abstract

The germination is one of the most important processes in the plant life cycle and it has been determined that, if the germination stage is successful, later in the growing stages, plants with proper establishment and better vigor will be created. In this study, the interaction of *Ascophyllum nodosum* and temperature changes on germination and growth parameters of lentil (Gachsaran cultivar) were investigated. A factorial experiment was carried out based on completely randomized design with 3 replications.The studied treatments included: seaweed extract at levels of 0, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5% and temperature at 3 levels of 20, 25 and 30 °C. Temperature treatments similar to the natural conditions of autumn in Khuzestan province were selected. The results of this study showed that temperatures of 20 and 30°C compared to 25°C significantly reduced all the studied traits (germination percent, germination rate, germination vigor, seed vigor index, endosperm consumption, plumule length, radicle length, seedling length, plumule dry weight and radicle dry weight. Seaweed extract in level of 2.5% in all temperature treatments (20, 25 and 30 °C) compared to the control caused a significant increase in germination vigor, seed vigor index, endosperm consumption, plumule length, seedling length, plumule dry weight and radicle dry weight. High level of seaweed extract (4.5%) compared to the control level had significant negative effects on germination percentage and germination rate, seed vigor index, seedling length, plumule dry weight, plumule length and radicle length. Due to autumn lentil cultivation and temperature changes in this season (temperature range 20 to 30 °C) the use of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract as an affordable and inexpensive biofertilizer to improve the germination and growth parameters of lentil seeds and establishment suitable for seedlings in the above temperature range is recommended.

***Keywords*:** Brown algae, Consumed endosperm, Organic fertilizers, Seed vigor index, Temperature

*Corresponding author; Hossinzadeh_tmu@yahoo.com