ارزیابی عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام رایج عدس

راهله احمدپور[۱] و نظام آرمند[۲*]

[۱]مربی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
[۲]استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۸

چکیده

عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*)، به‌دلیل مقادیر بالای عناصر غذایی مغذی و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌تواند نقش مهمی در بهبود جوانه‌زنی گیاهان ایفا کند. در این راستا به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام تجاری گیاه عدس، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح از عصاره جلبکی (صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد حجمی) و ۳ رقم عدس (رباط، گچساران و کیمیا) بود. نتایج نشان داد که عصاره جلبکی و نوع رقم تأثیر معنی‌داری ($p\leq0.01$) بر تمامی صفات مورد بررسی داشتند. کاربرد ۷/۵ درصد از عصاره منجر به افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی (۱۵/۹٪+)، طول ساقه‌چه (۱۰٪+)، وزن خشک ساقه‌چه (۲٪+) و آندوسپرم عدس (۱۵/۳٪+) در مقایسه با تیمار شاهد شد. در بین ارقام مورد بررسی رقم کیمیا در تمامی صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری نسبت به دیگر ارقام داشت. بررسی اثرات متقابل نتایج نشان داد که در ارقام رباط و گچساران، تمامی سطوح عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه شد. در رقم کیمیا نیز سطوح ۵ و ۷/۵ درصد از عصاره موجب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه شد. بر طبق نتایج این پژوهش، استفاده از عصاره جلبک دریایی به منظور بهبود شرایط جوانه‌زنی در ارقام گیاه عدس (رباط، گچساران و کیمیا) توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: آندوسپرم مصرفی، جلبک قهوه‌ای، حبوبات، قدرت جوانه‌زنی

مقدمه

عدس از مهمترین حبوبات بوده و نقش به سزایی در تغذیه و سلامت انسان دارد (Parsa et al., 2013). این گیاه با نام علمی *Lens culinaris* Medik به خانواده Fabaceae تعلق دارد (McVicar et al., 2005). با توجه به این که عدس دارای پروتئین گیاهی در حدود ۲۸ درصد است، در ایران و بسیاری از کشورهای جهان عده کثیری از مردم جهت تأمین پروتئین مورد نیاز خود از آن استفاده می‌کنند. گزارش‌های متعدد نشان داده است که ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می تواند سوء تغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف کند. در کشورهای در حال توسعه تقریبا یک چهارم نیاز پروتئینی توسط حبوبات تامین می‌شود (Ahmadpour et al., 2016). این گیاه به علت همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا نقش موثری در حاصل خیزی خاک دارد. کشت این محصول و به دست آوردن

*نویسنده مسئول: armandnezam@yahoo.com

ارقامی با حداکثر عملکرد و مقاومت در شرایط دیم یکی از مسایل قابل اهمیت برای تحقیق در ایران به شمار می‌رود. نیازمندی‌های اکولوژیکی و شرایط محیطی در بین ارقام عدس متفاوت است و نقش مهمی در عملکرد و محصول‌دهی این گیاهان دارد (Ahmadpour et al., 2016)، به‌طوری‌که یک رقم ممکن است از نظر ژنتیکی دارای ظرفیت عملکرد بالا باشد اما در شرایط نامساعد محیطی از این ظرفیت برخوردار نشود (McVicar et al., 2005). مطالعات مختلف نشان داده است که جوانه‌زنی از مراحل بحرانی در گیاهان است، بدین صورت که بالا بردن توانایی جوانه‌زنی بذرها در شرایط کشت دیم (توجه به این نکته ضروری است که عدس به صورت دیم کشت می‌شود) منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی می‌شود (Zakaria et al., 2009). 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 و عملکرد 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).

بیوپرایمینگ بذر یک روش نوین و کاربردی است که می‌تواند در سطح گسترده‌ای در تحریک نقش داشته باشد، به‌طوری‌که 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 and Ervin, 2004). 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 به وفور یافت می‌شود (Zhang and Ervin, 2004). از دیگر مزایای استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم داشتن هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک‌های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد که تاثیر مفید و مثبتی بر خصوصیات مورفولوژی و جوانه‌زنی گیاهان دارد (Zhang and Ervin, 2008; Kumar and Sahoo, 2011). در یک مطالعه مشاهده شد که تلقیح جلبک‌ها در محیط‌های 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 and Sahoo, 2011). در نتایجی مشابه در ارتباط با اثرات مثبت عصاره جلبک دریایی گزارش شد که استفاده از آن‌ها موجب تأخیر در پیری، تحریک ریشه‌زایی و رشد ریشه می‌گردد (Craigie, 2011). با توجه به ویژگی‌های مفید عصاره جلبک‌های دریایی (*Ascophyllum nodosum*)، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی کاربرد آن به عنوان پیش‌تیمار در راستای بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام گیاه عدس (گچساران، رباط و زیبا) بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی گیاهی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در شرایط کنترل شده (ژرمیناتور) انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. اولین فاکتور مورد بررسی ۳ رقم تجاری از گیاه عدس در ایران (گچساران، کیمیا و رباط) بود که این ارقام از پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و ایستگاه تحقیقاتی گچساران تهیه شدند. دومین فاکتور مورد بررسی

سطوح عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) شامل صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد حجمی بود. ویژگی‌های عصاره جلبک دریایی مورد استفاده بررسی در جدول ۱ ذکر گردیده است.

جدول ۱: برخی خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم

نمونه	ماده آلی (٪)	چگالی نسبی (گرم بر سی‌سی)	نیتروژن کل (٪)	آهن (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	فسفر (٪)	فولویک اسید(٪)	اسیدیته	هدایت‌الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
عصاره جلبکی	۱۵	۱/۲۸	۲/۵	۰/۵	۱۶/۹	۰/۱۸	۱	۱۰/۵	۹/۲	۱/۳

برای انجام این آزمایش ابتدا کلیه بذرها و ظروف ضدعفونی شدند، بدین صورت که پتری‌دیش‌های پلاستیکی و بستر بذر (کاغذ واتمن شماره ۱) به عنوان یک واحد آزمایشی در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت استریل شدند و سپس بذرهای مورد استفاده نیز به مدت ۳۰ ثانیه با قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. در هر پتری‌دیش ۱۵ عدد بذر قرار گرفت، سپس 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. به‌منظور 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 درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۵ درصد در تاریکی گذاشته شدند. بررسی پتری‌دیش‌ها به‌طور روزانه یکبار و به‌مدت ۱۴ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه‌زده (دارای گیاهچه‌های عادی) ثبت شدند (ISTA, 2009). درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی با استفاده از روابط ذکر شده در جدول ۲ اندازه‌گیری شد.

جدول ۲: روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

منابع مورد استفاده	رابطه	شاخص	شماره معادله
(Agrawal, 1991)	$\frac{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر بار شمارش}}{\text{تعداد کل بذرها}}$	درصد جوانه‌زنی	(۱)
(Agrawal, 1991)	$\frac{\text{مجموع تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر بار شمارش}}{\text{تعداد روز پس از آغاز آزمایش}}$	سرعت جوانه‌زنی	(۲)
(ISTA, 2009)	$\frac{\text{سرعت جوانه‌زنی} \times \text{میانگین طول گیاهچه}}{۱۰۰}$	قدرت جوانه‌زنی	(۴)

پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، این اندام‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. 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).

آنالیزهای آماری بوسیله نرم‌افزار MASTAT-C انجام شد. به‌منظور تعیین سطح معنی‌داری شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام عدس در اثر عصاره جلبکی از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی: جدول ۳ نشان می‌دهد که اثرات ساده عصاره جلبک دریایی و ارقام گیاه عدس تأثیر معنی‌داری بر در درصد جوانه‌زنی بذرهای گیاه عدس داشت اما اثرات متقابل عصاره و رقم بر این صفت معنی‌دار نبود. در بررسی اثرات ساده عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطوح ۵ و ۷/۵ درصد از عصاره جلبکی به ترتیب با ۸۳/۸۲ و ۸۸/۷۴ درصد در مقایسه با سطح شاهد (۷۴/۵۶ درصد) به صورت معنی‌داری درصد جوانه‌زنی را افزایش داد اما درصد جوانه‌زنی بذرها در سطح ۲/۵ درصد از عصاره با سطح شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در بین ارقام مورد بررسی، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام رباط و گچساران درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به رقم کیمیا داشتند و این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۶). آنالیز واریانس داده‌های مرتبط با سرعت جوانه‌زنی نشان داد که اثرات ساده هر یک از تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار ($p\leq0.05$) بود (جدول ۳). نتایج در اثرات متقابل عصاره و رقم نشان داد که در ارقام رباط و گچساران، سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در تمامی سطوح مورد بررسی در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری داشت اما در رقم کیمیا تنها سطوح ۵ و ۷/۵ درصد از عصاره منجر به افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد (جدول ۷).

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس پارامترهای جوانه‌زنی ارقام گیاه عدس تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	قدرت جوانه‌زنی	آندوسپرم مصرفی
		میانگین مربعات Mean Square			
ارقام عدس	۲	۳۳۴/۸۳۹**	۱/۴۴۰**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳**
عصاره جلبکی	۳	۳۱۲/۲۷۱**	۰/۲۱۵**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۲**
عصاره×رقم	۶	۳۶/۰۵۶^{ns}	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطای آزمایش	۲۴	۳۲/۳۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۹۱	۶/۵۸	۳/۷۰	۳/۵۳

^{ns} ، **، * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس پارامترهای رشد گیاهچه ارقام گیاه عدس تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
		میانگین مربعات Mean Square			
عصاره جلبکی	۳	۰/۰۵۵**	۰/۰۰۴**	۰/۳۳۳**	۰/۰۳۲**
تنش خشکی	۳	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۰۵**	۰/۱۱۹**	۰/۰۳۶**
عصاره×تنش	۹	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰۸*
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱/۷۱	۰/۳۹	۱/۴۲	۱/۱۴

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

جدول ۵: مقایسه میانگین پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم

تیمارها	درصد جوانه‌زنی (٪)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	آندوسپرم مصرفی (گرم)
		عصاره جلبک دریایی		
شاهد	۷۴/۵۶ b	۱/۲۰ d	۱/۰۳۹ b	۰/۰۹۴ b
٪۲/۵	۸۱/۷۲ ab	۱/۲۸ c	۱/۰۴۸ ab	۰/۱۰۲ ab
٪۵	۸۳/۸۲ a	۱/۳۱ b	۱/۰۵۲ a	۰/۱۰۴ ab
٪۷/۵	۸۸/۷۴ a	۱/۳۳ a	۱/۰۵۳ a	۰/۱۱۱ a

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٦: مقایسه میانگین پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گیاه عدس

تیمارها	درصد جوانه‌زنی (٪)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	آندوسپرم مصرفی (گرم)
		ارقام عدس		
رباط	۸۶/۸۳ a	۱/۳۳ a	۱/۰۶۵ a	۰/۱۱۱ a
گچساران	۸۳/۳۴ a	۱/۳۱ b	۱/۰۴۷ b	۰/۱۱۳ a
کیمیا	۷۶/۴۵ b	۱/۲۰ c	۱/۰۳۰ c	۰/۰۸۴ b

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

قدرت جوانه‌زنی و آندوسپرم مصرفی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبکی و ارقام گیاه عدس مورد بررسی بر قدرت جوانه‌زنی معنی‌دار است ($p \leq 0.05$). مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل نشان داد که در ارقام رباط و گچساران، کاربرد عصاره جلبک دریایی در سطح ۷/۵ درصد نسبت به سطح شاهد موجب افزایش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی شد. در رقم کیمیا پیش‌تیمار بذر با عصاره جلبک (*Ascophyllum nodosum*) در تمامی سطوح موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (جدول ۷). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر عصاره جلبکی و ارقام مورد بررسی هرکدام به تنهایی تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر میزان آندوسپرم مصرفی دارد اما اثرات متقابل این تیمارها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات ساده عصاره جلبکی نشان داد که سطح ۷/۵ درصد از عصاره در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری میزان آندوسپرم مصرفی را افزایش داد اما در مقایسه با دیگر سطوح عصاره جلبکی (۲/۵ و ۵ درصد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در بین ارقام عدس مورد بررسی نیز رقم گچساران بیشترین میزان آندوسپرم مصرفی را داشت که در مقایسه با رقم رباط اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز در رقم کیمیا مشاهده شد که در مقایسه با دیگر ارقام مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۶).

طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر عصاره جلبکی و نوع رقم بر طول و وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود اما اثرات متقابل عصاره × رقم بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد که طول ساقه‌چه با افزایش غلظت عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) از ۲/۵ به ۷/۵ درصد به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تمامی سطوح عصاره جلبکی مورد بررسی (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) به‌ترتیب با ۱/۲۸، ۱/۳۱ و ۱/۳۳ سانتی‌متر منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد (۱/۲۰ سانتی‌متر) شد (جدول ۵). در بین ارقام مورد بررسی کمترین و بیشترین میزان طول ساقه‌چه به

ترتیب با ۱/۲۰ و ۱/۳۳ سانتی‌متر به ارقام کیمیا و رباط اختصاص داشت (جدول ۶). نتایج مرتبط با وزن خشک ساقه-چه نشان داد که کاربرد عصاره جلبکی در سطح ۵ و ۷/۵ درصد (به ترتیب با ۱/۰۵۲ و ۱/۰۵۳ گرم) منجر به افـزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد (با ۱/۰۳۹ گرم) شد. تفاوت معنـی‌داری بـین سـطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصـد از عصاره از لحاظ وزن خشک ساقه‌چه وجود نداشت (جدول ۵). در بین ارقام گیاه عدس مورد مطالعه در این آزمـایش نیز نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم رباط با ۱/۰۶۵ گرم بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه را داشت که ایـن افزایش در مقایسه با دیگر ارقام معنی‌دار بود. رقم کیمیا نیز با ۱/۰۳۰ گرم کمترین میزان این صفت را داشت که نسبت به ارقام رباط و گچساران این کاهش معنی‌دار بود (جدول ۶).

طول و وزن خشک ریشه‌چه: اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی و ارقام گیاه عدس بر طول و وزن خشک ریشه‌چه بذرهای عدس معنی‌دار ($p\leq 0.01$) بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر سه رقم مورد بررسی (رباط، گچساران و کیمیا)، استفاده از غلظت‌های ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه شد. این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد غلظت‌های بالاتر از عصاره جلبکی مفیدتر است به‌طوری‌که در ارقام کیمیا و گچساران، کاربرد سطوح ۵ و ۷/۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه در مقایسه با سطح ۲/۵ درصد عصاره جلبکی شد (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل عصاره × رقم بر وزن خشک ریشه‌چه نشان داد که در ارقام رباط و گچساران، تمامی سطوح عصاره جلبکی موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سطوح شاهد شد اما در رقم کیمیا، کاربرد سطوح ۵ و ۷/۵ درصد از عصاره جلبک (*Ascophyllum nodosum*) به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با سطوح شاهد و ۲/۵ درصد عصاره، وزن خشک ساقه‌چه را افزایش داد (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه میانگین پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گیاه عدس تحت تأثیر عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم

تیمارها/عصاره جلبکی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	قدرت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)
		رقم رباط		
شاهد	۱/۶۳۷ b	۰/۰۸۸ bc	۳/۴۱ c	۱/۲۳۳ ef
٪۱/۵	۱/۸۹۷ a	۰/۰۹۳ ab	۳/۵۰ ab	۱/۳۰۹ bc
٪۲/۵	۱/۹۷۰ a	۰/۰۹۳ ab	۳/۵۲ a	۱/۳۳۹ ab
٪۳/۵	۲/۰۳۰ a	۰/۰۹۴ a	۳/۵۴ a	۱/۳۶۹ a
		رقم گچساران		
شاهد	۱/۵۹۰ b	۰/۰۷۷ e	۳/۱۳ e	۱/۲۳۱ ef
٪۱/۵	۱/۹۰۳ a	۰/۰۸۱ de	۳/۲۸ d	۱/۲۹۸ cd
٪۲/۵	۲/۰۴۳ a	۰/۰۸۱ de	۳/۴۱ c	۱/۳۴۴ ab
٪۳/۵	۲/۰۲۳ a	۰/۰۸۵ cd	۳/۴۳ bc	۱/۳۶۵ a
		رقم کیمیا		
شاهد	۱/۱۸۰ c	۰/۰۶۰ g	۲/۹۴ f	۱/۲۲۱ f
٪۱/۵	۱/۲۵۳ c	۰/۰۶۷ f	۳/۱۷ e	۱/۲۲۳ f
٪۲/۵	۱/۴۶۷ b	۰/۰۶۸ f	۳/۲۵ d	۱/۲۶۶ de
٪۳/۵	۱/۴۴۷ b	۰/۰۶۹ f	۳/۲۷ d	۱/۲۸۰ cd

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی: جوانه‌زنی بذر مجموعه‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی است که به کمک آنزیم‌های متعددی انجام می‌شود، محققان با آزمایش‌های مختلف نشان دادند که جوانه‌زنی و سبزشدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین کننده در عملکرد نهایی گیاهان و استقرار مناسب گیاهچه‌ها به شمار می‌رود (Hosseinzadeh et al., 2016). در این راستا به منظور تعیین کیفیت بذر، از برخی پارامترها نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی استفاده می‌شود، به‌طوری که افزایش این پارامترها نشان‌دهنده کیفیت و قوه نامیه مناسب بذر برای کشت در وسعت زیاد (مزرعه) است (De and Kar, 1994). عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) دارای برخی عناصر مغذی نظیر آهن، مس، منگنز، نیتروژن، منیزیم، کلسیم و پتاسیم است، که این ترکیبات در تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی آنزیم‌های درگیر در واکنش‌های بیوشیمیایی مربوط به جوانه‌زنی موثر هستند (Ghannad et al., 2017). 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 (Brune, 2011). مطالعات متعدد در این زمینه نشان داده است که ژیبرلین و اکسین نقش مهمی در فرآیند جوانه‌زنی دارد، به‌طوری‌که موجب شکست خواب بذر، استقرار مناسب جوانه در خاک، تحریک رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (David, 2010). از طرف دیگر محققان معتقدند که تولید آلفا آمیلاز در لایه آلورون به شدت تحت تاثیر هورمون ژیبرلین است و برای شروع فرآیند جوانه‌زنی ضروری است (David, 2010). 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). هورمون سیتوکینین موجود در عصاره جلبکی نیز با افزایش تقسیم سلولی در بذر و فعال‌سازی آنزیم آلفا-آمیلاز می‌تواند منجر به افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی گردد (Brune, 2011; Ramarajan et al., 2012). در یک پژوهش، دلیل افزایش برخی پارامترهای جوانه‌زنی نظیر درصد و سرعت جوانه‌زنی در اثر کاربرد عصاره جلبکی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز، ترکیبات هورمونی و عناصر مغذی گزارش شد (Ghannad et al., 2017). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از عصاره جلبک دریایی(*Ascophyllum nodosum*) به عنوان پیش‌تیمار به خصوص در سطوح ۵ و ۷/۵ درصد بسیار موثر بود و منجر به افزایش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه-زنی در ارقام گیاه عدس مورد بررسی شد.

قدرت جوانه‌زنی و آندوسپرم مصرفی: ارزیابی قدرت جوانه‌زنی بذر شاخص مناسبی جهت تعیین قوه نامیه بذر به‌شمار می‌رود و در صورت افزایش، می‌تواند در سبز شدن یکنواخت کشت و نیز استقرار موفق گیاهچه‌های تولیدشده از بذر مؤثر باشد (Farooq et al., 2012). قدرت جوانه‌زنی ارتباط مستقیم با طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی دارد (ISTA, 2009). بنابراین، افزایش قدرت جوانه‌زنی ارقام عدس در اثر کاربرد عصاره جلبکی را می‌توان به افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نسبت داد. در یک پژوهش بر روی گیاه بادرنجویه (*Dracocephalum kotschyi*. Bioss) گزارش شد که استفاده از عصاره‌های جلبک‌های سبز-آبی و سبز به عنوان پیش‌تیمار، منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز شد که در نهایت موجب افزایش معنی‌دار دیگر پارامترهای مهم جوانه‌زنی از قبیل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید (Ghannad et al., 2017). آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز نقش مهمی در فراهم‌سازی انرژی لازم برای رشد جنین دارند و با تجزیه نشاسته مقدار گلولز مورد استفاده بذر را افزایش می‌دهد. این آنزیم‌ها حساسیت بالایی به هورمون ژیبرلین دارند

و در پژوهش‌های متعدد در زمینه اثرات عصاره جلبکی (*Ascophyllum nodosum*) بر بذرهای گیاهان مشاهده شده است که ژیبرلین موجود در عصاره جلبکی عامل اصلی در فعال‌سازی آنزیم‌های تجزیه کننده آلفا و بتا آمیلاز است (Zhang and Ervin, 2008; Kumar and Sahoo, 2011; Ghannad et al., 2017). 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). عصاره جلبک دریایی با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده آندوسپرم به‌ویژه آلفا و بتا آمیلاز منجر به افزایش دسترسی بذر به منابع غذایی می‌گردد (Kumar and Sahoo, 2011) و در نتیجه برداشت مواد غذایی از اندوسپرم به منظور تأمین انرژی برای پارامترهای جوانه‌زنی و رشدی بیشتر می‌شود که در نهایت این رویداد موجب افزایش اندوسپرم مصرفی می‌گردد (Hosseinzadeh et al., 2016). این پژوهش نشان داد که پیش‌تیمار بذرهای ارقام پرکاربرد گیاه عدس با عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) منجر به بهبود قدرت جوانه‌زنی و آندوسپرم مصرفی خصوصاً در سطح ۷/۵ درصد حجمی عصاره شد.

طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه: رشد ساقه‌چه و توسعه سلول‌ها در مرحله جوانه‌زنی به ترکیبات هورمونی، سنتز مواد مغذی و انتقال مواد غذایی از لپه به جنین وابسته است بنابراین استفاده از تیمارهایی که بتواند مقدمات لازم برای توسعه سلول را فراهم کند موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌گردد (Rahbarian et al., 2012). جلبک *Ascophyllum nodosum* در بخش ساقه دارای ساختارهای تخم مرغی شکل (ویزیکول) متعددی است که این بخش‌ها حاوی اکسین، سیتوکینین، ژیبرلین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی می‌باشند (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، افزایش طول ساقه‌چه در بذرهای ارقام گیاه عدس تحت تأثیر عصاره جلبکی را می‌توان به حضور برخی هورمون‌های رشد گیاهی و مواد مغذی نسبت داد (Ramarajan et al., 2012). طول ساقه‌چه نسبت مستقیم با وزن خشک ساقه‌چه دارد، به‌طوری‌که بذرها با طول ساقه‌چه بیشتر از وزن خشک ساقه‌چه بیشتری نیز برخوردارند (Ahmadpour et al., 2016). در مطالعات مشابه بر روی لوبیا، نخود و عدس نیز محققان مهمترین دلیل افزایش وزن خشک ساقه‌چه را افزایش طولی آن بیان کردند (Rahbarian et al., 2012; Armand et al., 2015; Ahmadpour et al., 2016). این پژوهش نشان داد که کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۵ و ۷/۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار رشد طولی و وزن خشک ساقه‌چه بذرهای گیاه عدس می‌شود.

طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه: با توجه به اهمیت ریشه‌چه مبنی بر اینکه در آینده نقش بسزایی در بهره‌برداری گیاه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک دارد، جوانه‌های حاصل از بذر با اولویت اختصاص بیشتر مواد غذایی ذخیره‌ای به ریشه‌چه در مقایسه با ساقه‌چه، به افزایش رشد ریشه‌چه و استقرار مناسب گیاهچه در خاک کمک می‌کنند (Fabian et al., 2008). در مطالعه بر روی برنج (Kord Firouzjai et al., 2012) و سویا (Ramarajan et al., 2012) گزارش کردند که استفاده از عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه در مقایسه با سطوح عدم مصرف عصاره جلبکی شد. این محققان هورمون‌های گیاهی موجود در عصاره‌های جلبکی و سنتز بیشتر کربوهیدرات‌ها را عامل اصلی در افزایش معنی‌دار این صفات بیان کردند. مزیت عصاره جلبک *Ascophyllum nodosum* در مقایسه با دیگر کودهای ارگانیک وجود مقادیر بالای عناصر مغذی،

پلی‌ساکارید، پروتئین و هورمون‌های گیاهی است که در تغذیه مستقیم بذرهای گیاهان نقش دارند و از طریق بهبود طول، سطح و حجم ریشه‌چه موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه می‌شود (Ramarajan et al., 2012; Jannin et al., 2013). یکی از ترکیبات مهم 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 منجر به کاهش اثرات منفی آن در جهت سخت شدن دیواره سلولی و کاهش رشد طولی گردد (Kumar and Sahoo, 2011). در این پژوهش در تمامی ارقام گیاه عدس مورد بررسی، سطوح ۵ و ۷/۵ درصد از عصاره جلبک (*Ascophyllum nodosum*) موجب افزایش معنی‌دار طول و وزن خشک ریشه‌چه در مقایسه با سطوح عدم کاربرد این عصاره شد.

نتیجه‌گیری کلی

در آزمایش فوق مشاهده شد که عصاره جلبک دریایی در سطوح ۵ و ۷/۵ درصد موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه شد. در بین ارقام عدس نیز در تمامی شاخص‌های مورد بررسی ارقام رباط و گچساران در مقایسه با رقم کیمیا برتری محسوسی داشتند. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان پیشنهاد داد که عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) مورد استفاده با ویژگی‌هایی که در جدول ۱ آورده شده است، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پارامترهای جوانه‌زنی ارقام عدس داشت و استفاده از آن به‌عنوان پیش‌تیمار مناسب قابل توصیه به نظر می‌رسد.

References

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

Ahmadpour, R., Armand, N., Hoseinzadeh, S.and 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].

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].

Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., Haq, M., Atta, B.M., Shah, T.M. 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.

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.

David, C. 2010. The effect of gibberellins (GA3 and GA4+7) and ethanol on seed germination of Rosa eglanteria and Rosa glauca. Journal of Plant Growth Regulation. 41: 1-10.

De, F. and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology. 23:301-304.

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. Journal of Acta Biological. 52: 157-159.

Farooq, A.W. and Kadambot, H.M.S. 2012. Micronutrient application through seed treatments-a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12: 125-142.

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

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].

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. 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.

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 Journal of Field Crops Research. 3: 69-80. [In Persian with English Summary].

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.

McVicar, R., Pearse, P., Brenzil, C., Hartly, S., Panchuk, K. and Mooleki, P. 2005. Lentil in Saskatchewan. Saskatchewan Agriculture and Food Canada Publishing, 200 pp.

Parsa, M., Ganjeali, A. and Beyk Khurmizi, A. 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.

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 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.

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 Ecological 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. 10, No. 3, Autumn 2020

Evaluation of *Ascophilum nodosum* seaweed extract to improving germination indices of lentil cultivars

R. Ahmadpour[1], N. Armand[2*]
[1]Lecture, Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran

Abstract

Seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) can play an effective role in growth and germination due to having plenty of nutrients and plant growth regulators. In order to evaluate the effects of seaweed extract on germination indices of lentil cultivars, a factorial experiment was conducted in 2015 on the basis of completely randomized design with three replications at Khatam Al-Anbia University of Technology in Behbahan. The experimental treatments consisted of four seaweed extracts (0, 2.5, 5 and 7.5 %) and three cultivars of lentil (Robat, Gachsaran and Kimia). Results showed that 5% extract treatment, resulted in significant increase in germination percentage (15.9%), plumule length (10%), plumule dry weight (2%) and consumed endosperm (15.3%) compared to control. Among the studied cultivars, Kimia had a significant decrease in all studied traits compared to other cultivars. Interaction effect of seaweed and lentil cultivars showed that Rabat and Gachsaran cultivars in all levels of seaweed extract led to significant increase in germination rate, radicle length and radicle dry weight. In Kimia cultivar, 5 and 7.5% seaweed extract led to significant increase of germination rate, germination vigor, radicle length and radicle dry weight. According to the results of this study, the use of seaweed extract to improve germination conditions in lentil cultivars (Robat, Gachsaran and Kimia) is recommended.

***Keywords**:* Brown algae, Consumed endosperm, Germination vigor, Legume

*Corresponding author; armandnezam@yahoo.com