علوم و تحقیقات بذر ایران
سال یازدهم/ شماره دوم/ ۱۴۰۳ (۷۶ - ۶۱)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/JMS.2024.8787

تأثیر غلظت‌های متفاوت سه نوع کود حاوی عصاره جلبک‌دریایی بر برخی صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) تحت شرایط تنش خشکی

حمید نجفی[۱]، محمد رفیعی‌الحسینی*[۲]، پرتو روشندل[۳]، مریم زینلی بروجنی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۱

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی غلظت‌های مختلف سه گونه جلبک‌دریایی قهوه‌ای در سطوح مختلف تنش خشکی به‌منظور بهبود صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه، بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل شاهد و عصاره جلبک‌های دریایی *Ecklonia maxima* (Basfoliar)، *Ascophyllum nodosum* (Acadian) و *Sargassum glaucescens* (Algae 600) هر یک در غلظت‌های ۲ و ۳ درصد و فاکتور دوم شامل سطوح مختلف خشکی ۰، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال بود. اثر تنش خشکی، کود و اثر متقابل کود و تنش خشکی بر کلیه صفات معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که تیمار ۲٪ Alga600 در سطح خشکی صفر بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک دانه‌رست و شاخص بنیه وزنی، تیمار ۲٪ Acadian و تیمار ۳٪ Alga600 و سطح خشکی صفر بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه و طول دانه‌رست و تیمار بدون جلبک و سطح خشکی صفر بیش‌ترین شاخص بنیه طولی را دارا بودند. تیمار ۲٪ Basfoliar و سطح خشکی صفر بیش‌ترین پروتئین کل دانه‌رست، قند کل دانه‌رست و قند احیاکننده دانه‌رست را تولید نمود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ۲٪ Alga600 و ۳٪، ۲٪ Acadian و ۲٪ Basfoliar بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر خصوصیات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه در شرایط فاقد تنش خشکی داشت. همچنین در شرایط تنش، کود Basfoliar ۲ و ۳٪ و ۳٪ Acadian تأثیر مثبت بر خصوصیات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه داشت. به‌طور کلی از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد جلبک موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بذر گیاه دان‌سیاه خصوصاً در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جلبک دریایی قهوه‌ای، جوانه‌زنی، دان‌سیاه، دانه‌رست

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. hamid.n86@gmail.com
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. rafiei@sku.ac.ac.ir
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. roshandelparto@gmail.com
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران. maryamzeinali500@gmail.com
*نویسنده مسئول: rafiei@sku.ac.ir

مقدمه

دان‌سیاه با نام علمی (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass)، جنس *Guizotia* متعلق به خانواده کاسنی و نام‌های رایج انگلیسی آن Ramtil oil و Niger seed می‌باشد. پنج گونه از شش گونه این گیاه از جمله دان‌سیاه بومی ارتفاعات اتیوپی می‌باشد. دان‌سیاه تنها گونه از جنس *Guizotia* بوده که امروزه کشت می‌گردد (Getinet and Sharma, 1996). این گیاه دارای ترکیبات اسید چرب روغن مشابه روغن آفتابگردان و گلرنگ که با درصد بالایی از اسید لینولئیک بوده که ممکن است به بیش از ۸۵ درصد هم برسد. روغن این گیاه را می‌توان به عنوان جانشینی برای روغن کنجد و زیتون در نظر گرفت که در صنعت عطرسازی به عنوان حامل بو، داروسازی، در تهیه گریس، صابون و رنگ بکار می‌رود (Pradhan and Mishra, 1995).

همچنین روغن این گیاه دارای درصد بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. کنجاله بذر دان‌سیاه دارای حدود ۲۳ درصد فیبر خام و ۳۵ درصد پروتئین پس از روغن‌کشی بوده و عاری از هر گونه مواد سمی می‌باشد، که در تغذیه دام و طیور و احیاناً تغذیه انسان و حتی به‌عنوان کود کشاورزی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Ramadan *et al*., 2003). گیاهان بطور پیوسته تحت تأثیر عوامل تنش‌زا از جمله خشکی قرار دارند که باعث کاهش رشد و نمو آنها می‌گردد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک تنش خشکی مهمترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. در این مناطق آب عامل اصلی محدود کننده رشد گیاهان بوده و به دلیل محدودیت‌های محیطی، پایداری تولید محصولات زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. کاهش بارندگی و تغییر الگوهای بارش می‌تواند منجر به خشکسالی‌های مکرر و کاهش عملکرد گیاهان زراعی گردد. کمبود آب نیز مهمترین مشکل تأثیرگذار بر رشد و عملکرد محصولات زراعی در مناطق نیمه‌خشک مانند کشور ایران است (Shahrokhnia *et al*., 2022). کشور ایران جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌گردد و میزان متوسط بارندگی سالیانه در آن حدود ۲۴۰ میلی‌متر که معادل یک‌سوم میانگین بارندگی سالیانه جهان است (Kafi *et al*., 2011).

جلبک‌های دریایی دارای منابع ارزش‌مندی از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، نمک‌های معدنی، هورمون‌ها و سایر متابولیت‌های باارزش و مغذی می‌باشند (Bruni *et al*., 2020). جلبک‌های دریایی حاوی بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (ماکرو و میکرو) و نیز مقادیری از متابولیت‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای‌چرب و دیگر مواد آلی، انواع هورمون‌ها، آمینواسیدها، هیدروکربن‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها می‌باشند، که باعث افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، بهبود ساختمان و خصوصیات خاک از طریق افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌های موجود در آن شده و سهل‌الوصول برای گیاه بوده و بر روی خصوصیات گیاهی از جمله افزایش مقاومت‌های گیاه و افزایش عملکرد آن تأثیر بسزایی دارند (Kim and Chojnacka, 2015). به عنوان یک ماده خام عصاره‌های مختلف تجاری استخراج شده از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای، طیف متنوعی از مواد آلی و معدنی را دارا می‌باشند. عناصر معدنی عصاره جلبک *Ascophyllum nodosum* شامل پتاسیم، فسفر، نیتروژن، آهن، کلسیم، منیزیم، روی، گوگرد و سدیم می‌باشد. جلبک‌های دریایی دارای مقادیر مختلفی از مواد آلی، شامل اسمولیت‌ها (مانند بتایین) می‌باشند. جلبک‌های‌دریایی قهوه‌ای غنی از متابولیت‌های ثانویه زیستی، ترکیبات فنولی و دارای ویتامین‌ها و پیش‌سازهای ویتامین‌ها می‌باشند. ترکیبات فنولی جزو متابولیت‌های ثانویه بوده که نقش محافظت از سلول و اجزای سلولی تحت تنش‌های محیطی را برعهده دارند. جلبک‌های دریایی دارای هورمون‌های گیاهی نظیر جیبرلین، سیتوکینین و اکسین می‌باشند (Zodape, 2001). مطالعات مختلف در این زمینه، اثر مثبت عصاره جلبک‌دریایی را بر رشد، مقاومت به تنش‌های محیطی و جوانه‌زنی گیاهانی نظیر خیار (Sarhan *et al*., 2011)، انگور (Norrie and Keathley, 2006)، اسفناج (Fan *et al*., 2011)، توت‌فرنگی (Alam *et al*., 2013)، زیتون (Chouliaras *et al*., 2009)، کلم بروکلی (Mattner *et al*., 2013) و گوجه‌فرنگی (Hernández *et al*., 2014) اثبات نموده است.

یک روش نوین و کاربردی که در سطح گسترده‌ای در بهبود یکنواختی رشد دانه‌رست و تحریک جوانه‌زنی می‌تواند استفاده شود، بیوپرایمینگ بذر است. در واقع در این روش به‌عنوان پیش‌تیمار از عوامل بیولوژیک و زنده مانند عصاره‌های مختلف قارچی و جلبکی به منظور بهبود و افزایش خصوصیات جوانه‌زنی استفاده می‌گردد (Zhang and Ervin, 2004)

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

این پژوهش با هدف مطالعه و بررسی اثر نوع و غلظت‌های مختلف سه گونه جلبک‌دریایی قهوه‌ای بر روی خصوصیات بیوشیمیایی و جوانه‌زنی دان‌سیاه در سطوح مختلف تنش خشکی در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، در سال ۱۴۰۱ انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول شامل ۷ سطح شاهد (کاربرد آب‌مقطر و عدم استفاده از جلبک‌دریایی) و کاربرد عصاره جلبک‌های‌دریایی *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* (به ترتیب با نام تجاری Basfoliar، Acadian و Alga600) هر کدام در دو غلظت (۲ و ۳ درصد) بصورت بیوپرایمینگ و عامل دوم شامل سه سطح خشکی (۰، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود.

تهیه عصاره جلبک‌های دریایی قهوه‌ای

از کودهای تجاری حاوی عصاره‌های استخراج شده از گونه‌های موردنظر، برای تهیه عصاره جلبک‌ها استفاده گردید. کودهای جلبک‌های قهوه‌ای *Eckalinia maxima* (Basfoliar)، *Ascophllum nodosum* (Acadian) و *Sargassum glaucescens* (Alga600)، به ترتیب از نمایندگی‌های شرکت بازرگان کالا، آرمان سبز آدینه و شرکت دلتاپارس نهاده تأمین گردید.

جدول ۱- مشخصات کودهای حاوی عصاره جلبک‌های مورد استفاده در پژوهش

Table 1- Specifications of fertilizers containing algae extract used in the research

				Basfoliar				
نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	بور	مس	عصاره جلبک
N	P_2O_5	K_2O	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Algae extract
٪3	٪ 1.6	18٪	٪ 0.02	٪ 0.01	٪0.01	٪ 0.01	٪ 0.02	٪ 10

			Alga600		
N	P_2O_5	K_2O	Amino Acids	Alginic Acid	Organic Matter
٪ 0.5	٪ 6	18٪	٪ 4	٪ 13	٪ 37

			Acadian		
N	P_2O_5	K_2O	Amino Acids	Alginic Acid	Organic Matter
٪ 0.7	٪ 0.2	٪ 17	٪ 4.4	٪ 10	٪ 45

تهیه سطوح مختلف تنش خشکی

در شرایط آزمایشگاهی از ماده پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (PEG6000) برای ایجاد محیط مصنوعی کنترل پتانسیل آب (تنش خشکی ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال)، به روش میچل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) و از آب مقطر برای ایجاد پتانسیل صفر استفاده گردید. برای ایجاد این سطوح تنش از حل نمودن ماده کریستاله پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در آب مقطر بکار گرفته شد. میزان ماده کریستاله پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ برای حل کردن در آب مقطر با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

رابطه (۱) $$VI= (-1.18 \times 10^{-2}) \times C - (1.18 \times 10^{-4}) \times C+ (2.67 \times 10^{-4}) \times CT + (8.39 \times 10^{-7}) \times C^2T$$

C: غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ و T: دما برابر ۲۵ درجه سانتی‌گراد

برای ایجاد تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال ۱۷۸/۴ گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ و تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال ۲۶۲ گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در یک لیتر آب مقطر حل گردید (Michel and Kaufmann, 1973).

عملیات اعمال تیمارها

پس از ضدعفونی وسایل مورد استفاده و محیط، کاغذ صافی واتمن استریل کف هر ظرف پتری (با قطر هشت سانتی‌متر) قرار گرفت. عملیات ضدعفونی بذرها به مدت ۱۰ ثانیه با استفاده از الکل ۷۰ درصد و به مدت ۵ دقیقه با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت‌سدیم انجام و با سه بار شستشو با آب‌مقطر استریل شد. سپس بر روی کاغذ صافی (واتمن) بذرها به صورت یکنواخت در گروه‌های ۲۵تایی در هر ظرف پتری قرار داده شدند. به میزان ۷ میلی‌لیتر محلول مربوطه به ظروف پتری هر تیمار از سطوح تنش خشکی اضافه گردید، به‌طوری‌که در محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول دو سوم بذور غوطه‌ور گردید. همچنین

بذرها به مدت سه ساعت بعد از تهیه غلظت‌های مختلف از هر کدام از کودهای حاوی عصاره جلبک‌های دریایی، در معرض غلظت مورد نظر قرار گرفتند. ظروف در شرایط نوری کنترل شده ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و در دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد (Davazdah Emami and Vaseghi, 2009) به مدت ۷ روز در دستگاه ژرمیناتور قرار گرفت (Ghane *et al*., 2012). بازدید روزانه از نمونه‌ها به مدت ۷ روز انجام و طی دوره آزمایش از مرحله شروع تا پایان جوانه‌زنی برای ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی، تعداد بذرهای جوانه‌زده ثبت شد.

در این آزمایش صفات اندازه‌گیری‌شده عبارتند از:

درصد جوانه‌زنی که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Ikic, 2012):

$$GP = (NG / NT) \times 100 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

N_G : تعداد بذرهای جوانه‌زده، N_T: تعداد کل بذرها

از خط‌کش میلی‌متری برای اندازه‌گیری طول دانه‌رست استفاده گردید. برای اندازه‌گیری وزن‌تر دانه‌رست، ریشه‌چه و ساقه‌چه، هر یک سریعاً بطور جداگانه توزین و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در پاکت‌های کاغذی و در آون قرار داده شده، سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین نمونه‌های خشک انجام گردید. شاخص بنیه طولی بذر و شاخص بنیه وزنی بذر با استفاده از رابطه‌های موجود محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

با خارج نمودن دانه‌رست‌ها از پتری‌ها پس از مدت یک هفته، اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی شامل میزان قند کل، قندهای احیاءکننده و پروتئین کل دانه‌رست انجام گرفت. با کمک روش بردفورد (Bradford, 1976) عملیات اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه‌رست انجام گردید و با دستگاه اسپکتروفتومتر (Metash UV/Vis 1500، ساخت کشور چین) در طول موج ۵۹۵ نانومتر میزان جذب نمونه‌ها ثبت گردید.

در ابتدا ۰/۱ گرم نمونه دانه‌رست آسیاب شده توزین و به فالکون انتقال یافت. به ارلن، ۱۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ (قبلاً گرم شده) اضافه و ورتکس به مدت ۲۰ ثانیه انجام گردید. عملیات سانتریفیوژ نمونه‌ها با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه انجام و جهت تبخیر اتانول فالکون‌های حاوی عصاره جلبک در آون با دمای ۵۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت نگهداری گردیدند. در کف پتری‌ها فقط جرم سفید یا زرد رنگی پس از تبخیر باقی ماند که شستشوی آن با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر انجام و به فالکون ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. مقدار ۴/۷ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال و ۵ میلی‌لیتر محلول ۵٪ سولفات روی به منظور حذف رسوبات و ترکیبات اضافی دیگر، ورتکس و به فالکون اضافه شد. سانتریفیوژ فالکون‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه انجام و ۲ میلی‌لیتر عصاره فاز مایع به فالکون ۱۵ میلی‌لیتری منتقل گردید. در ادامه یک میلی‌لیتر محلول ۵٪ فنول به هر لوله آزمایش اضافه و شدیداً تکان داده شد تا کف در آنها ظاهر گردد. به داخل هر کدام از نمونه‌ها مقدار ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸٪ به وسیله پاپیتور اضافه گردید. به مدت ۴۵ دقیقه پس از آماده‌سازی محلول‌ها راکد مانده تا رنگ آن‌ها تثبیت گردد. پس از آن میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۳۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Metash UV/Vis 1500، ساخت کشور چین) قرائت گردید (Albalasmeh et al., 2013).

از روش مایلر و همکاران (Miller et al., 1959) به‌منظور سنجش قندهای احیاکننده دانه‌رست استفاده گردید. با کمک مگنت روی هیتر یک درصد DNS و تارتارات سدیم‌پتاسیم ۲۵ درصد به آرامی حل شد. میزان ۱ میلی‌لیتر از رنگ ساخته شده با ۲ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی استخراج شده مخلوط و در حمام آب جوش ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ده دقیقه قرار گرفت. با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، کل محلول حاصل مخلوط شده و در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت جذب نمونه‌ها انجام و میزان قند احیاءکننده با کم منحنی استاندارد مربوطه محاسبه گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات موردنظر، تجزیه داده‌ها با کمک برنامه‌ی آماری SAS، از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ جهت مقایسه میانگین‌ها و از نرم‌افزار اکسل (Excel) جهت رسم نمودار و ثبت داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

در نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها اثرات اصلی تنش خشکی و کود در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود×تنش خشکی، در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول۲- تجزیه واریانس اثر کود و تنش خشکی بر برخی از صفات جوانه‌زنی دان‌سیاه

Table 2. Variance analysis of the effect of fertilizer and drought stress on some germination traits of Niger seed

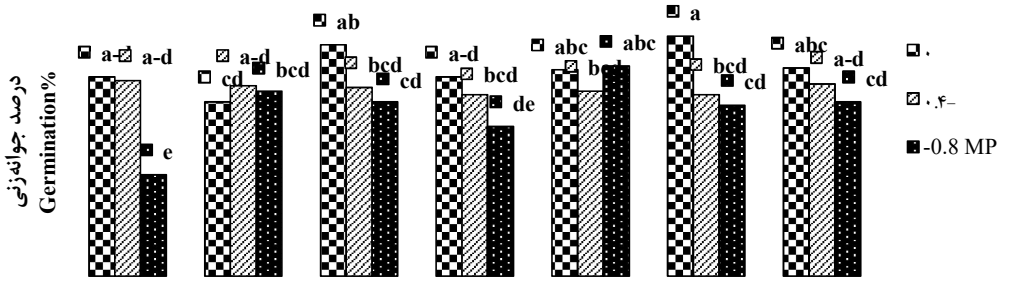
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean square						
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک دانه‌رست Seedling dry weight	طول دانه‌رست Seedling length	شاخص بنیه طولی Length vigor Index	شاخص بنیه وزنی weight vigor Index
کود Fertilizer (F)	6	213.88*	0.02854*	0.03143*	0.05014*	16.4150*	69881*	354.7*
تنش خشکی Drought stress (D)	2	1296.57*	0.28812*	0.07130*	0.64386*	76.0963*	841450*	5883.87*
کود×تنش خشکی (F × D)	12	241.98**	0.03551**	0.05076**	0.009776**	29.7828**	209015**	402.8**
خطا Error	42	37.21	0.00225	0.01662	0.01825	0.1219	1726	9.46
ضریب تغییرات٪ CV (%)		8.68	9.75	9.81	3.78	4.28	7.14	9.99

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪.

Significant at $p \leq 0.01^{**}$, Significant at $p \leq 0.05^{*}$

با مقایسه میانگین اثرات متقابل مشخص شد که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به سطح خشکی صفر و جلبک Alga600 2% و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال و عدم کاربرد جلبک (شاهد) بود. در ضمن روند کاهشی بر درصد جوانه‌زنی تمامی تیمارهای جلبک (بجز Basfoliar ۲٪ و Acadian ۳٪) با افزایش سطح تنش خشکی مشاهده گردید. هرچند بکار بردن کودها در غلظت‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در افزایش درصد جوانه‌زنی در تیمارهای شاهد و تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال نداشت، اما کلیه تیمارهای کودی در سطح تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) بطور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱).

پژوهش‌های مختلف در این زمینه نشان داده‌اند که در ارزیابی تحمل به تنش خشکی این صفات نقش داشته، به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی بذرهایی با درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی بالاتر از شانس بیشتری برای رشد بهره‌مند بوده و به عنوان ارقام مقاوم‌تر معرفی می‌گردند (Ahmadpour *et al*., 2017). در مطالعه‌ای بر روی ارقام گیاه نخود مشاهده گردید که با کاهش پتانسیل اسمزی آب در بستر بذر مدت زمان مورد نیاز برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و درصد جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد (Hosseinzadeh *et al*., 2016).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

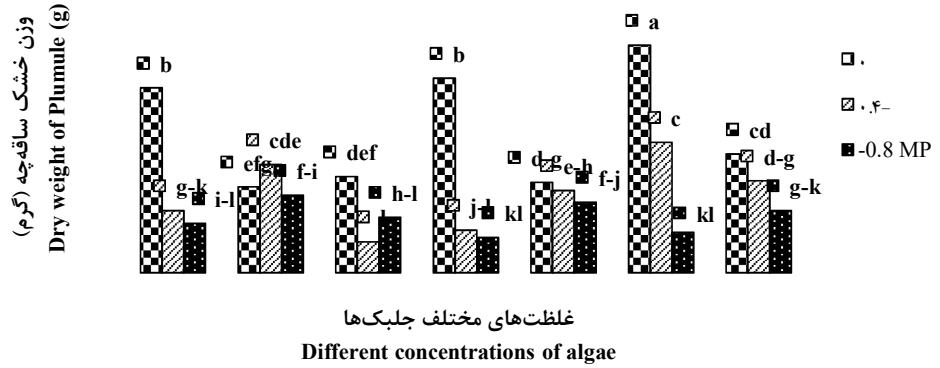
Figure 1- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on germination percentage of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

سادات اسیلان (Sadat Asilan, 2009) و صالحی (Salehi, 2016) گزارش کردند که در یونجه و لوبیا درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی، کاهش پیدا کرد. عصاره جلبک‌های دریایی قهوه‌ای غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر سیتوکینین، جیبرلین و اکسین هستند، سیتوکینین‌ها با افزایش تقسیم سلولی در بذر ارتباط مستقیم داشته و درصد جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهند (Saraji, 2011).

وزن خشک ساقه‌چه

با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص گردید که اثرات اصلی تنش خشکی و کود در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود×تنش خشکی، در سطح احتمال ۱ درصد بر روی وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۲). در این پژوهش مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش خشکی و کود نشان داد که در سطح تنش خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و تیمار Alga600 2% بیشترین وزن خشک ساقه‌چه و در سطح تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال و تیمار Basfoliar 3% کمترین وزن خشک ساقه‌چه بدست آمد (شکل ۲). در شرایط تنش خشکی از علل کاهش وزن خشک ساقه‌چه، عدم انتقال یا کاهش مواد غذایی از سمت لپه‌ها به سوی جنین می‌باشد. نتایج یک پژوهش نشـان داد که صفات رشدی، وزن خشک دانه‌رست و ساقه‌چه با کاهش پتانسیل آب کاهش پیدا کرد (Moradi et al., 2016). در گیاه دارویی مرزه جنگلی (Satureja mutica) وزن خشک ساقه‌چه با افـزایش سـطح تـنش خشـکی، کاهش یافت (Shamsuddin Saeed et al., 2018).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر وزن خشک ساقه‌چه دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 2- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on the plumule dry weight of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

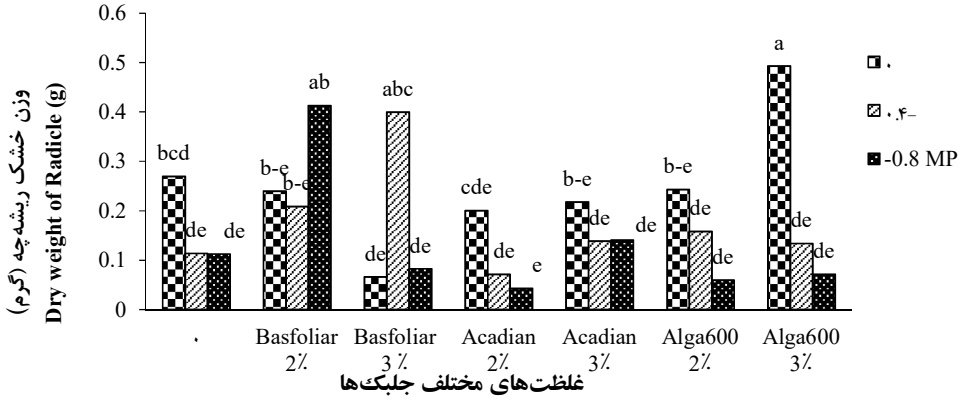
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سطح احتمال ۵ درصد اثرات اصلی تنش خشکی و کود و در سطح احتمال ۱ درصد اثر متقابل کود×تنش خشکی، بر وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش خشکی و کود، در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و تیمار Alga600 ٪۳ بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه و در سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال و تیمار Acadian ٪۲ کم‌ترین وزن خشک ریشه‌چه بدست آمد (شکل ۳). مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2016) با انجام پژوهشی بر روی رشد دانه‌رست و جوانه‌زنی سه رقم بذر هیبرید ذرت به بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در چهار سطح پتانسیل آب ۰، ۳-، ۶- و ۹- پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌هـا نشـان داد که صفات رشدی، مانند وزن خشک و طول ریشه‌چه با کاهش پتانسیل آب، کاهش یافت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سطح احتمال ۵ درصد اثرات اصلی تنش خشکی و کود و در سطح احتمال ۱ درصد اثر متقابل کود×تنش خشکی بر وزن خشک دانه‌رست معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تنش خشکی و کود نشان داد که در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و تیمار Alga600 ٪۲ بیش‌ترین وزن خشک دانه‌رست بدست آمد

که با تیمار Alga600 ٪۳ در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت و در سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال و تیمار Acadian ٪۲ کمترین وزن خشک دانه‌رست حاصل شد. در کل در سطح تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال کاربرد هر سه نوع جلبک اثر مثبتی بر وزن خشک دانه‌رست در مقایسه با شاهد داشت (شکل ۴).

مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2016) با انجام پژوهشی بر روی رشد دانه‌رست و جوانه‌زنی سه رقم بذر هیبرید ذرت به بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در چهار سطح پتانسیل آب ۰، ۳-، ۶- و ۹- پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد که صفات رشدی شامل وزن خشک دانه‌رست با کاهش پتانسیل آب، کاهش پیدا کرد.

در سطح احتمال ۵ درصد، اثرات اصلی کود و تنش خشکی و در سطح احتمال ۱ درصد اثر متقابل کود×تنش

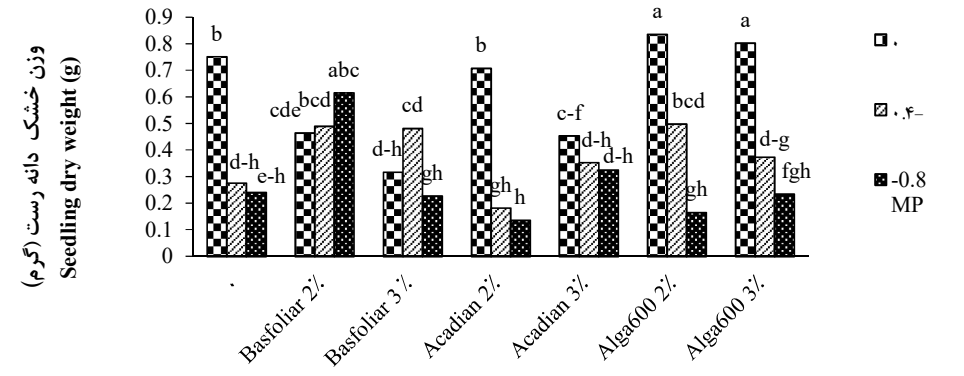


شکل ۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 3- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on the radicle dry weight of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

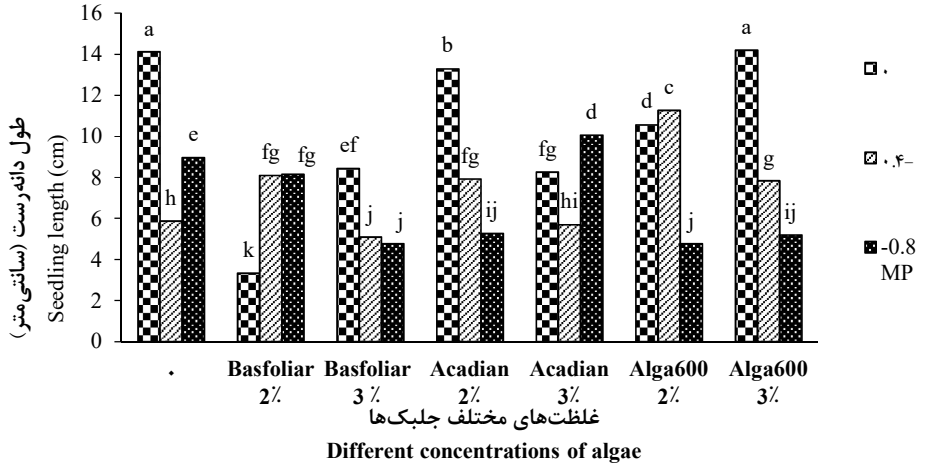


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی بر وزن خشک دانه‌رست دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 4- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on the seedling dry weight of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر طول دانه‌رست دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 5- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on the seedling length of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

خشکی در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر طول دانه‌رست معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل کود و سطوح تنش خشکی نیز در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و تیمار بدون کود بیشترین طول دانه‌رست بدست آمد که با تیمار Alga600 ٪۳ در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نشان نداد در حالی‌که در سطح خشکی صفر مگاپاسکال (شاهد) و تیمار Basfoliar ٪۲ کمترین طول دانه‌رست بدست آمد (شکل ۵).

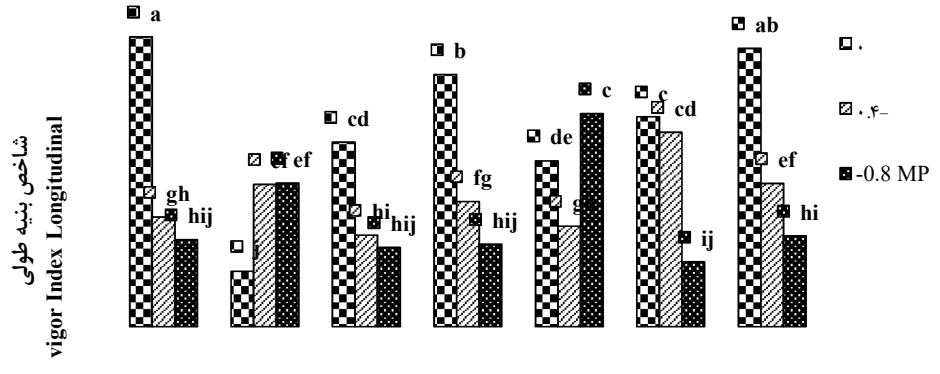
در مطالعه‌ای روی خرفه، در بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر، طول دانه‌رست با کاهش پتانسیل آب، کاهش یافت (Rahimi and Kafi, 2008). مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2016) با انجام پژوهشی بر روی رشد دانه‌رست و جوانه‌زنی سه رقم بذر هیبرید ذرت به بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول در چهار سطح پتانسیل آب ۰، ۳-، ۶- و ۹- پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها نشان داد که طول دانه‌رست با کاهش پتانسیل آب، کاهش پیدا کرد.

اثرات اصلی تنش خشکی و کود در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود×تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص بنیه طولی در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین در نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی مشخص شد که روند نزولی در شاخص بنیه طولی در تیمارهای بدون کود (شاهد)، Alga600 2, ٪۳، Basfoliar ٪۳ و Acadian ٪۲ با افزایش شدت تنش خشکی بوجود آمد و بیش‌ترین میزان شاخص بنیه طولی در سطح خشکی صفر و تیمار شاهد مشاهده شد. در تنش خشکی صفر (شاهد) و تیمار Basfoliar ٪۲ کم‌ترین میزان شاخص بنیه طولی مشاهده گردید (شکل ۶).

در مطالعه‌ای روی خرفه، در بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر، طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و نیز شاخص بنیه طولی به طور معنی‌داری با کاهش پتانسیل آب، کاهش یافت (Rahimi and Kafi, 2008). در مطالعه‌ای بر روی جوانه‌زنی بذر گیاه *Ougeinia dalbergioides* کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش شاخص بنیه طولی گردید (Uniyal and Nautiyal,1998).

اثرات اصلی تنش خشکی و کود در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود×تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر شاخص بنیه وزنی معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع کود و تنش خشکی شاخص بنیه وزنی در شاهد (بدون جلبک)، Acadian ٪۲، در هر دو غلظت جلبک Alga600 و Basfoliar ٪۲ روند نزولی با افزایش شدت تنش نشان داد. در سطح خشکی صفر، جلبک Alga600 ٪۲ بیشترین شاخص بنیه وزنی را ایجاد نمود (شکل ۷).

شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی ارتباط مستقیمی با درصد جوانه‌زنی و وزن خشک دانه‌رست دارند. به‌طوری‌که کاهش شاخص بنیه وزنی بذر در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به سطح فاقد تنش را می‌توان به کاهش معنی‌دار وزن خشک دانه‌رست و درصد جوانه‌زنی در این سطوح نسبت داد. نتایج این پژوهش همسو با نتایج محققان دیگر نشان داد که پارامترهای جوانه‌زنی مورد بررسی از جمله آندوسپرم و شاخص بنیه بذر با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری می‌یابد (Rahbarian *et al*., 2012).

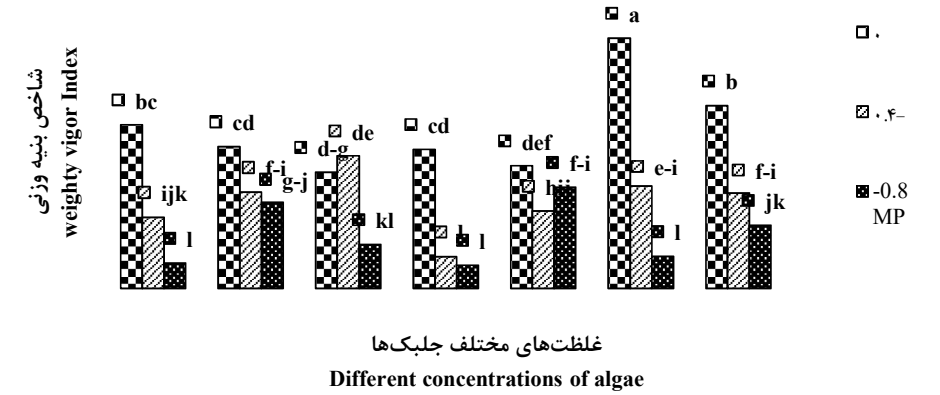


شکل ۶- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر شاخص بنیه طولی جوانه‌زنی دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 6- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on Length vigor index of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر شاخص بنیه وزنی دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 7- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on weight vigor of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

اثر اصلی تنش خشکی و کود و اثر متقابل کود×تنش خشکی در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در سطح احتمال ۱ درصد از لحاظ آماری بر میزان پروتئین کل معنی‌دار بود (جدول ۳). در نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل در هر سه نوع کود و همچنین در تیمار شاهد، با افزایش شدت تنش خشکی میزان پروتئین کل دانه‌رست روند کاهشی داشته به‌طوری‌که در خشکی صفر مگاپاسکال و جلبک Basfoliar ۲٪ بیش‌ترین و خشکی ۰/۸-

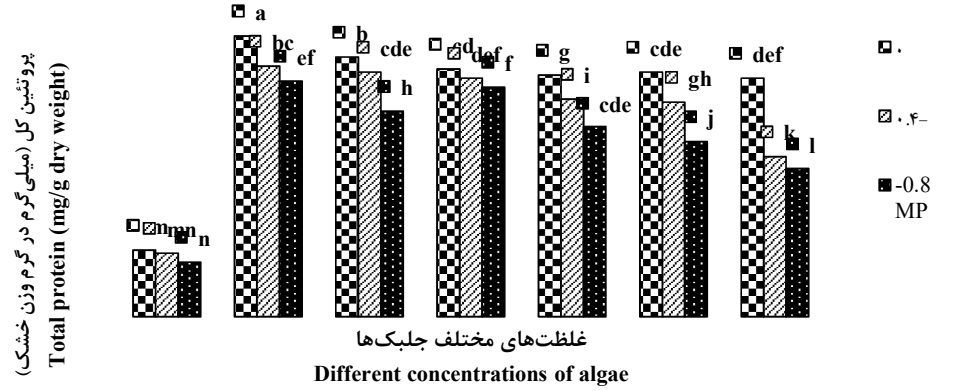
مگاپاسکال و فاقد جلبک کم‌ترین میزان پروتئین مشاهده گردید. به طور کلی در تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد بکار بردن کود منجر به افزایش میزان پروتئین کل دانه‌رست شد (شکل ۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کود و تنش خشکی بر پروتئین کل، قند احیاکننده و قند کل بذر دان سیاه

Table 3- Variance analysis of the effect of fertilizer and drought stress on total protein, reduced sugar and total sugar of Niger seed

میانگین مربعات Mean square				
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	پروتئین کل Total Protein	قند احیاکننده Reduced sugar	قند کل Total Sugar
کود Fertilizer (F)	6	4251.67**	140.905*	2130.9**
تنش خشکی Drought stress (D)	2	1374.14**	382.33*	11273.8**
کود×تنش خشکی F×D	12	85.31**	8.889*	440.1**
خطا Error	42	1.14	1.159	1
ضریب تغییرات درصد CV (%)		1.61	4.91	1.21

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪. Significant at $p \le 0.01^{**}$, Significant at $p \le 0.05^{*}$



شکل ۸- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر میزان پروتئین کل بذر دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 8- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on total protein of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

متابولیسم پروتئین دانه فرآیندی چند مرحله‌ای، مهم و ضروری در جوانه‌زنی بذر بوده که با کمک آنزیم‌های پروتئولیتیک انجام می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در حبوبات انجام گرفت طی هفت روز اول جوانه‌زنی بذر، در فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک افزایش حاصل شد و مهارکننده‌های پروتئاز در حال ناپدید شدن بودند. کاتالیز پروتئینی یا هیدرولیز که در دانه ذخیره می‌شود، اسیدآمینه آزاد تولید می‌نماید. به‌طوری‌که این اسیدهای‌آمینه آزاد به بیوسنتز پروتئین در جنین و آندوسپرم کمک می‌نمایند. این فرآیندها قبل از جوانه‌زنی صورت می‌گیرد تا از این اسیدهای‌آمینه آزاد در طول جوانه‌زنی استفاده نمایند (Joshi, 2018). در این پژوهش، در اغلب تیمارهای با اعمال پرایمینگ، افزایش پروتئین کل دانه‌رست، مشاهده گردید. این امر نشان‌دهنده‌ی اثر تیمارهای بیوپرایمینگ در به راه‌اندازی فرآیندهای سنتز پروتئین در جهت خروج ریشه‌چه طی فرایند جوانه‌زنی می‌باشد. در مطالعه‌ای بر روی بذر زرین‌گیاه گزارش گردید که در حضور ۰/۱ درصد نمک، جلبک سبز-آبی *Spirulina* موجب افزایش پروتئین کل گردید. همچنین جلبک سبز *Chlorella* هم افزایش پروتئین کل را در محیط‌های کشت بدون نمک، نشان داد (Ghannad *et al*., 2017).

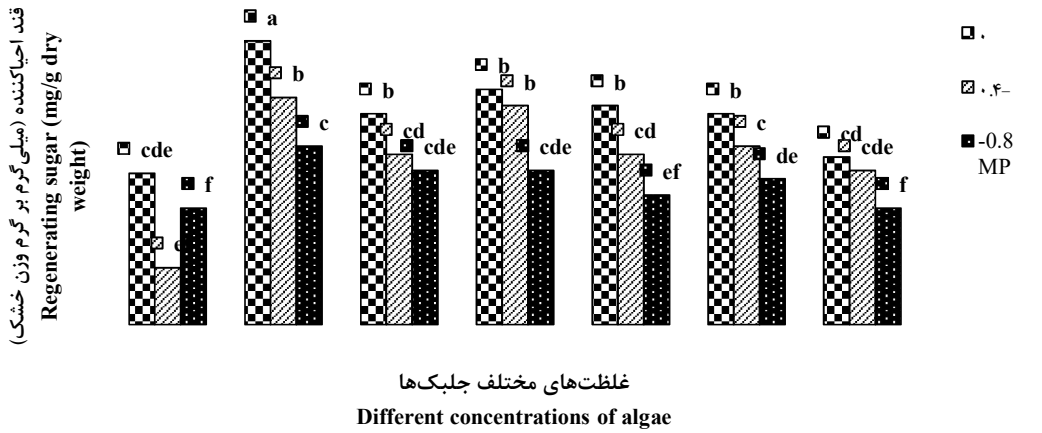
اثر اصلی تنش خشکی و کود و اثر متقابل کود×تنش خشکی در سطح احتمال ۵ درصد در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر میزان غلظت قندهای احیاکننده

دانه‌رست معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود و تنش خشکی نشان داد که میزان قند احیاکننده دانه‌رست با افزایش شدت تنش خشکی در هر سه نوع جلبک به‌کار رفته در آزمایش روند نزولی داشته، در حالی‌که این روند در تیمار شاهد مشاهده نگردید. در خشکی صفر (شاهد) و جلبک Basfoliar ۲٪ بیش‌ترین میزان قند احیاکننده دانه‌رست حاصل گردید. کاربرد هر سه نوع کود در هر سه سطح تنش خشکی موجب افزایش قند احیاکننده دانه‌رست گردید (شکل ۹). علت کاهش میزان قندهای احیاکننده ممکن است به دلیل سرعت بالای هیدرولیز نشاسته باشد، که طی این فرایند قندهای احیاکننده به قندهای غیراحیاکننده مانند ساکارز جهت انتقال به محور جنینی تبدیل می‌گردند. به‌وسیله آنزیم اینورتاز، ساکارز در محور جنینی شکسته شده و جهت تغذیه جنین بکار می‌رود. در واکنش‌های آمادری‌مایلارد قندهای احیاکننده نقش مهمی را ایفا می‌نمایند (Akram Qadri *et al*., 2000). تجمع قندهای احیاکننده باعث افزایش سرعت تنفس شده و انرژی و فراهم بودن غذا برای بذرهای در حال جوانه‌زنی را کاهش می‌دهند (Soltani *et al*., 2008). در مطالعه‌ای بر روی بذر زرین‌گیاه، قناد و همکاران (Ghannad *et al*., 2017) گزارش کردند که جلبک سبز-آبی *Spirulina* در حضور ۰/۱ درصد نمک میزان قند کل را افزایش داد. در بادرنجبویه (*Mellisa officinalis* L.) (Ardakani *et al*., 2010) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) (Ezadi *et al*., 2009) تنش خشکی منجر به کاهش قندهای احیاکننده گردید.

قند کل دانه‌رست

از لحاظ آماری اثر اصلی نوع کود و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل کود×تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد در نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر قند کل دانه‌رست معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان قند کل دانه‌رست با افزایش شدت تنش خشکی در نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی روند نزولی داشت. بیشترین میزان قند کل دانه‌رست در سطح خشکی صفر (شاهد) و جلبک Basfoliar ۲٪ و کم‌ترین میزان قند کل دانه‌رست در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال و تیمار فاقد جلبک (شاهد) مشاهده شد. کاربرد هر سه نوع کود در هر سه سطح تنش خشکی افزایش قند کل دانه‌رست را به دنبال داشت (شکل ۱۰).

جذب آب توسط بذر موجب افزایش سطح هورمون اسیدجیبرلیک گردیده و در ادامه سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند آلفا آمیلاز می‌شود. با این افزایش تجزیه نشاسته به قند صورت می‌گیرد، که یکی از اصلی‌ترین فعالیت‌ها در طی فرایند جوانه‌زنی می‌باشد، زیراتحرک قندهای کل نقش مهمی را در جهت کاهش پتانسیل آبی سلول موجب شده و زمینه رشد گیاهچه را فراهم می‌کند (Soltani *et al*., 2008). با افزایش قندهای کل در این مرحله حتی بیان ژن‌های دخیل در تنظیم

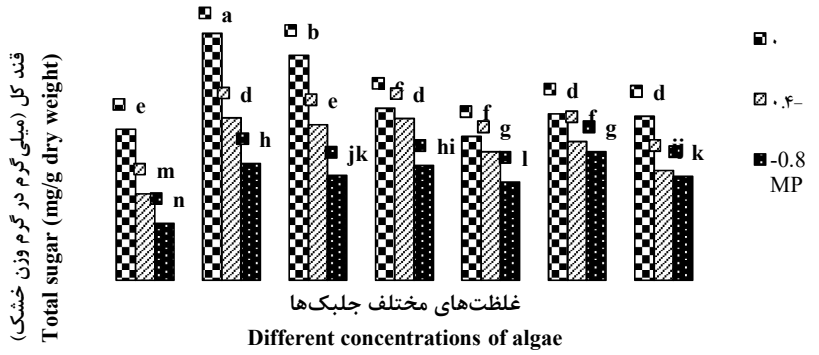


شکل ۹- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر قند احیاکننده بذر دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 9- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on reduced sugar of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر قند کل بذر دان‌سیاه

براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی عصاره جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند.

Figure 10- Mean's comparison of the intraction effect of fertilizer and drought stress on total sugar of Niger seed

Based on the LSD test at the 5% probability level, the columns which have at least one similar letter are not significantly different. Basfoliar, Acadian and Alga600 fertilizers contain *Eckalinia maxima, Ascophllum nodosum* and *Sargassum glaucescens* algae extract, respectively.

فرآیند اسمزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Akram Qadri *et al*., 2000). از مهم‌ترین ترکیبات کربوهیدارتی در بذر نشاسته و قندهای محلول می‌باشند که ۷۰ تا ۸۰ درصد آن را تشکیل می‌دهند. در طی جوانه‌زنی، ابتدا نشاسته به قندهای آزاد و دکسترین تبدیل شده و در لپه‌های بذرهای دولپه‌ای به ساکاروز (قند غیراحیایی) تبدیل می‌گردند و ساکارز به‌وسیله آنزیم اینورتاز در محور جنینی به فروکتوز و گلوکز (قند احیایی) تبدیل می‌شود و سپس به منظور تأمین انرژی یا پیش‌ماده‌های لازم در ساخت ترکیبات جدید به کار می‌رود. در نتیجه از میزان نشاسته (کربوهیدارت متداول ذخیره‌ای در بذر) با جوانه‌زنی و ظهور دانه‌رست کاسته و به میزان قندهای احیایی، غیراحیایی و قند کل افزوده می‌گردد. در مطالعه‌ای بر روی بذر زرین‌گیاه، قناد و همکاران گزارش کردند که جلبک سبز-آبی *Spirulina* در حضور ۰/۱ درصد نمک میزان قند کل را افزایش داد (Ghannad *et al*., 2017). در بادرنجبویه (*Mellisa officinalis* L.) (Ardakani *et al*., 2010) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) (Ezadi *et al*., 2009) تنش خشکی منجر به کاهش قندهای احیاکننده گردید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک دانه‌رست و شاخص بنیه وزنی در سطح خشکی صفر (شاهد) و تیمار کودی Alga600 ٪۲ و بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و طول دانه‌رست در سطح خشکی صفر و تیمارهای کودی Alga600 ٪۳، Acadian ٪۲ و بیش‌ترین شاخص بنیه طولی در سطح خشکی صفر و تیمار بدون جلبک (شاهد) بدست آمد. بیشترین میزان قند احیاکننده، قند کل و پروتئین کل دانه‌رست در سطح خشکی صفر و تیمار کودی Basfoliar ٪۲ تولید گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین تأثیر مثبت را Basfoliar ٪۲، Acadian ٪۲ و Alga600 ۲ و ۳٪ بر خصوصیات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه در شرایط فاقد تنش خشکی داشتند. همچنین کود Acadian ٪۳ و Basfoliar ۲ و ۳٪ در شرایط تنش، تأثیر مثبتی بر خصوصیات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر دان‌سیاه نشان داد. در کل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد جلبک‌دریایی موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بذر گیاه دان‌سیاه خصوصاً در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه شهرکرد در انجام این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigour determination in soyabean by multiple criteria. Crop Science, 10:31-34. DOI: 10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x. **(Journal)**

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

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zaidi, H., Armand, N. and Hosseinzadeh, S.R. 2019. The effects of Ascophyllum nodosum extract on the stimulation of germination indices in chickpea (*Cicer arietinum*) under drought stress. Recent findings in biological sciences, 6: 206-216.DOI: 10.29252/nbr.6.2.206**.** (In Persian)(**Journal**)

Akram Qadri, F., Kamkar, B. and Soltani, A. 2000. Principles of seed science and technology. Press of Mashhad University, 180 p**. (Book)**

Alam, M.Z., Braun, G., Norrie, J. and Hodges, D.M. 2013. Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. Canadian Journal of Plant Science, 93: 23–36. DOI:10.4141/CJPS2011-260. **(Journal)**

Albalasmeh, A.A., Berhe, A.A. and Ghezzehei, T.A. 2013. A new method for rapid determination of carbohydrate and totalcarbon concentration using UV spectrophotometry. Carbohydrate polymers, 97(2): 253-261. **(Journal)**

Ardekani, M., Abbaszadeh. B., Sharifi Ashorabadi, A., Lebaschi, M., Moaveni, P. and Mohabbati, F. 2010. Influence of drought tension on growth indices of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Plant Ecosys, 6: 47–58. (In Persian)**(Journal)**

Bernfeld, P. 1955. Amylases, Alpha and beta, Methods in enzymology,1: 149-158. DOI:10.1016/0076-6879(55)01021-5.

Bradford, M.M. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254. DOI: 10.1006/abio.1976.9999**. (Journal)**

Bruni, L., Secci , G., Manchi, S., Faccenda, F. and Parisi, G.2020.A commercial macroalgae extract in a plant-protein rich diet diminished saturated fatty acids of *Oncorhynchus mykiss* walbaum fillets. Italian Journal of Animal Science, 19(1): 373-382. DOI:10.1080/1828051X.2020.1745097. **(Journal)**

Chouliaras, V., Tasioula, M., Chatzissavvidis, C., Theriosa, I. and Tsabolatidou, E. 2009. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. Journal of Agriculture and Food Sciences, 89: 984–988. DOI:10.1002/jsfa.3543. **(Journal)**

Davazdah Emami, S. and Vaseghi, A**. 2009**. Investigating the capabilities of *Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass oil plant in Isfahan region. The first national conference of oilseeds. October 1-2 Isfahan University of Technology. DOI:10.29252/yujs.5.1.33.

Fan, D., Hodges, M., Zhang, J., Kirby, C.W., Ji, X., Locke, S.J., Critchley, A.T. and Prithiviraj, B.. 2011. Commercial extract of the brown seaweed Ascophyllum nodosum enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects Caenorhabditis elegans against oxidative and thermal stress. Food Chemistry, 124: 195–202. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.06.008. **(Journal)**

Getinet, A. and Sharma, S.M. 1996. Niger [*Guizotia abyssinica* (L.F.)] cass promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant Genetics and Crop Plant Research, 58p. **(Book)**

Ghane, S.G., Lokhande, V.H. and Nikam, T.D. 2012. Differential growth, physiological and biochemical responses of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass) cultivars to water-deficit (drought) stress. Acta Physiologiae Plantarum, 34(1): 215-225. DOI:10.1007/s11738-011-0820-y. **(Journal)**

Ghannad, R., Akbari, F. and Madadkar Haghjou, M. 2017. The effect of blue-green and green algae Dunaliella, Chlorella, Spirulina and mineral elements on stimulating the metabolic and biochemical processes of golden seed germination (*Dracocephalum kotschyi* Boiss). New findings in biological sciences. (3): 295-307. DOI: 10.21859/acadpub.nbr.3.4.295 (In Persian) **(Journal)**

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M.A., Norrie, J. and Hernández-Carmona, G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum*

lycopersicum L.). Journal of applied phycology, 26(1): 619-628. DOI:10.1007/s10811-013-0078-4. **(Journal)**

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 Research, 29: 589-598. DOI:10.29252/yujs.2.2.123. **(Journal)**

Ikic, I., Maric, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z.S. and Arcevic, H.S. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Coration-grown winter wheat. Euphytica, 188:25-34. DOI:10.1007/s10681-012-0735-8. **(Journal)**

Izadi, Z., Asnaashari, M. and Ahmadvand, G. 2009. Influence of drought stress on yield, proline content, soluble sugars, chlorophyll, relative water content and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Horticultural Science, 10: 223–234. (In Persian)**(Journal)**

Joshi, R. 2018. Role of Enzymes in Seed Germination. International Journal of Creative Research Thoughts, 6(2): 1481-1485. **(Journal)**

Kafi, M. and Rahimi, Z. 2009. Investigating the effect of different levels of salinity on germination characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Agricultural Research Journal, 8(4): 615-621. (In Persian) **(Journal)**

Kafi, M., Barzoui, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2011. Physiology of environmental stresses in plants. University Jihad of Mashhad. 504 pages. **(Book)**

Kim, S.K. and Chojnacka, K. 2015. Marine Algae Extracts, 2 Volume Set: Processes, Products and Applications. Wiley, 202 p. **(Book)**

Mattner, S.W., Wite, D., Riches, D.A., Porter, I.J. and Arioli, T.. 2013. The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. Biological Agriculture & Horticulture, 29: 258–270. DOI:10.1080/01448765.2013.830276. **(Journal)**

Michel, B. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential glycol 6000. Plant Physiology, 51:914-916. DOI: 10.1104/pp.51.5.914 **. (Journal)**

Miller, G.l. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent determination reducing suger. Analytical chemistry, 31(3):426-428. DOI: 10.1021/ac60147a030 **(Journal)**

Moradi, M., Hasankifard, A. and Motamedi, M. 2016. Investigating the effects of drought stress caused by polyethylene glycol on the germination and seed growth of corn hybrids. Quarterly Journal of Plant Agronomy, 7(2): 115-124. (In Persian) **(Journal)**

Niittyla, T., Messerli, G., Trevisan, M., Chen, J., Smith, A.M. and Zeeman, S.C. 2004. A previously unknown maltose transporter essential for starch degradation in leaves. Science, 303: 87-89. **(Journal)**

Norrie, J. and Keathley, S.C. 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. Acta Horticulturae, 727: 243–245. DOI:10.17660/ACTAHORTIC.2006.727.27. **(Journal)**

Pradhan, K., Mishra, R.C. and Paikary, R.K. 1995. Genetic variability and character association in Niger. The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 44(4): 457-459. **(Journal)**

Rahbarian, R., Khavarinejad, R., Ganjali, A., Bagheri, A. and Najafi, F. 2012. Study of germination and seedling growth in tolerant and susceptible Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. Agricultural Research of Iran, ۱0(3): 522-531. DOI: 10.22067/gsc. v10i3.17800. (In Persian)**(Journal)**

Ramadan, M.F. and Morsel, J.T. 2003. Phospholipid composition of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) seed oil. Lebensm-Wiss. Technology, Food Science and Technology, 36 (2): 273–276. DOI:10.1016/S0023-6438(02)00220-7. **(Journal)**

Sadat Asilan, h. 2009. The effect of different potentials obtained from polyethylene glycol and sodium chloride with temperature on the germination of dryland wheat stands. Agricultural Sciences and Industries, (8)2: 132-138. (In Persian) **(Journal)**

Salehi-Lisar, S.Y. and Bakhshayeshan-Agdam, H. 2016. Drought Stress in Plants: Causes, Consequences, and Tolerance. In: Hossain M., Wani S., Bhattacharjee S., Burritt D., Tran LS. (eds)

Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-28899-4_1. (In Persian)**(Journal)**

Sarhan, T.Z., Ali, S.T. and Rasheed, S.M.S.. 2011. Effect of bread yeast application and seaweed extract on cucumber (*Cucums sativus* L.) plant growth, yield and fruit quality. Journal of Agricultural, 39: 26–34. DOI:10.33899/magrj.2011.30359. **(Journal)**

Shahrokhnia, M.A. and Khadim Hamzah, H.R. ۲۰۲۲. Investigating the effect of drought stress on safflower cultivars and presenting the critical limits of stress based on the temperature of the green cover of the plant. Iranian Water Research Journal, 16(3): 1-12.DOI: 10.22034/iwrj.2022.13839.2394. (In Persian) **(Journal)**

Shamsuddin Saeed, M., Asdilari, A. and Mahmoudi, F. 2018. Investigating the effect of drought stress on germination indices and some physiological traits of the forest savory medicinal plant *Satureja mutica*. The 15th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. September 23-26. Kerman Shahid Bahonar University.

Soltani, A., Ghaderi-Far, F. and Soltani, E. 2008. Application of germination in response to temperature and water potential in seed science research. Journal of Experimental Botany, 58: 1307–1317. **(Journal)**

Uniyal, A.R. and Nautiyal, A.R. 1998. Seed germination and seedling extension growth in ougeinia dalbergioides Benth. Under water and salinity stress. New Forests, 16: 265-272. DOI:10.1023/A:1006584910081. **(Journal)**

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**.** DOI:10.2135/cropsci2004.1737. **(Journal)**

Zodape, S.T. 2001. Seaweeds as a fertilizer. Journal of Scientific and Industrial Research, 60: 378-382. **(Journal)**

The effect of different concentrations of three types of fertilizers containing seaweed extract on some morphological and biochemical traits of Niger seed (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) under drought stress conditions

Hamid Najafi[1], Mohammad Rafieiolhossaini[2*], Parto Roshandel[3], Maryam Zeinali Borujeni[4]

Received: August 7, 2024 Accepted: November 11, 2024

Abstract

This research was conducted with the aim of investigating different concentrations of three species of brown Algae at different levels of drought stress in order to improve the morphological and biochemical traits of Niger seed, as a factorial scheme a completely randomized design with three replications. The first factor includes control and seaweed extracts of *Ecklonia maxima* (Basfoliar), *Ascophyllum nodosum* (Acadian) and *Sargassum glaucescens* (Algae 600) each in 2 and 3 percent concentrations and the second factor included drought stress at different levels of 0, -0.4 and -0.8 MPa. The effect of drought stress, fertilizer and their interaction on all traits were significant. Means comparison of the interaction effect showed that Alga600 2% at zero drought stress level (ZDSL) had the highest germination percentage, plumule dry weight, seedling dry weight and weight vigor index, Acadian treatment 2% and Alga600 treatment 3% and ZDSL produced maximum radicle dry weight and seedling length and treatment without algae and ZDSL had the highest length vigor index. Basfoliar treatment of 2% and ZDSL produced the highest seedling total protein, seedling total sugar and seedling reduced sugar. The results show that Alga600 2, 3%, Acadian 2% and Basfoliar 2% had the most positive effect on Niger seed germination and biochemical characteristics under ZDSL. Under stress conditions, Basfoliar 2, 3% and Acadian 3% fertilizer had a positive effect on Niger seed germination and biochemical characteristics. In general, the application of algae improves the morphological and biochemical characteristics of Niger plant seeds, especially under drought stress conditions.

Keywords: Brown seaweed; Drought stress; Germination; Niger seed; Seedling

How to cite this article

Najafi, H., Rafieiolhossaini, M., Roshandel, P. and Zeinali Borujeni, M. 2024. The effect of different concentrations of three types of fertilizers containing seaweed extract on some morphological and biochemical traits of Niger seed (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) under drought stress conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 11(2): 61-76. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/JMS.2024.8787

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc Graduated of Seed Science and Technology, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. hamid.n86@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. rafiei@sku.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. roshandelparto@gmail.com
4. MSc Graduated of Seed Science and Technology, Islamic Azad University, Shahrekord branch, Shahrekord, Iran. maryamzeinali500@gmail.com

*Corresponding author: rafiei@sku.ac.ir