نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، ص.۱۴-۱

Water Management in Agriculture
Vol. 12, No. 2, Autumn and Winter 2026, 1-14

مقاله علمی -پژوهشی

تأثیر تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سه گونه جلبک دریایی قهوه‌ای بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass)

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

چکیده

تنش خشکی منجر به تأثیر منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دان‌سیاه می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف سه جلبک دریایی قهوه‌ای بر روی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دان‌سیاه در سطوح مختلف تنش خشکی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل شاهد و عصاره جلبک‌های دریایی (Basfoliar) *Ecklonia maxima*، (Acadian) *Ascophyllum nodosum* و (Alga600) *Sargassum glaucescens* هر یک در غلظت‌های ۲ و ۳ درصد و فاکتور دوم شامل سطوح مختلف تنش خشکی ۰، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال بود. اثر کود بر کلیه صفات به‌جز سرعت جوانه‌زنی روزانه، اثر تنش خشکی بر کلیه صفات به‌جز شاخص جوانه‌زنی و اثر متقابل بر کلیه صفات معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که جلبک Alga600 2% در سطح خشکی صفر بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۰ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۷/۸ روز/۱)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (۱۲/۳۳ روز/بذر)، Basfoliar 3% و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۳/۹ روز)، تیمار جلبک شاهد و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه (۰/۱۶)، Acadian 3% و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین شاخص جوانه‌زنی (۳/۲۴ درصد) و جوانه‌زنی نسبی (۲۱۱/۱۲ درصد) و جلبک Basfoliar 2% و سطح خشکی صفر بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی روزانه (۳۵/۸۱ درصد) را تولید نمود. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی موجب کاهش و کاربرد جلبک موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی بذر گیاه دان‌سیاه خصوصاً در شرایط تنش خشکی می‌گردد؛ بنابراین می‌توان استفاده از جلبک دریایی قهوه‌ای را به‌عنوان راه‌حلی مؤثر برای کاهش اثرات مخرب تنش خشکی پیشنهاد نمود.

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

مقدمه

دان‌سیاه با نام علمی (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass)، جنس Guizotia، با نام تجاری Niger seed متعلق به خانواده کاسنی، گیاهی دولپه‌ای، یک‌ساله، دگر گرده‌افشان و خود ناسازگار است که جوانه‌زنی آن نسبتاً خوب و به‌صورت اپی‌جیل است.

دانهال این گیاه دارای لپه‌ها و هیپوکوتیل با رنگ مایل به قهوه‌ای است (Getinet and Sharma, 1996). در منابع مختلف، میزان روغن استخراجی از بذور این گیاه ۳۷ تا ۵۰ درصد عنوان شده است. بیشترین اسیدچرب غیراشباع شامل اسیدلینولئیک به همراه اسیداولئیک و بیشترین اسید چرب اشباع مربوط به اسیدپالمیتیک و اسیداستارئیک می‌باشد (دوازده امامی و همکاران، ۱۳۸۸). ترکیبات اسید چرب روغن این گیاه مشابه روغن گلرنگ و آفتابگردان البته با درصد بالایی از اسیدلینولئیک

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۲]دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد (*- نویسنده مسئول: Email: rafiei@sku.ac.ir)
[۳]دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
[۴]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، شهرکرد
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳

که ممکن است به بالای ۸۵ درصد هم برسد، است (Pradhan et al., 1995). همچنین این روغن دارای درصد بالایی از مواد آنتی‌اکسیدانی است (Ramadan and Morsel, 2003).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین موانع گسترش کشاورزی بوده است که بسیاری از اراضی حاصلخیز را از زیر کشت خارج و یا باعث کاهش عملکرد محصولات شده است (Zhang and Ervin, 2004). تنش خشکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی محسوب شده و با تأثیر بر جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهان در مزرعه منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی در میانگین تولید اکثر محصولات در سرتاسر جهان می‌شود (Gonzalez, 2023).

در سال‌های اخیر، عصاره جلبک دریایی در کشاورزی تا حدودی به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی به‌کار می‌رود (Zodape et al., 2010). در کشاورزی، کاربرد کود جلبک دریایی موجب جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرها، گسترش و رشد بیشتر ریشه‌ها، افزایش کمیت و کیفیت میوه‌ها، تأخیر در پیری میوه‌ها، بالا بردن مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی و افزایش عمر پس از برداشت محصولات گردیده است (Hernández-Herrera et al., 2014). عصاره‌های مختلف تجاری حاصل از جلبک دریایی قهوه‌ای به‌عنوان یک ماده خام، حاوی طیف متنوعی از مواد معدنی و آلی است. عناصر معدنی عصاره *Ascophyllum nodosum* شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم، روی، سدیم و گوگرد است. علاوه بر عناصر معدنی، عصاره‌های جلبک دریایی دارای مقادیر مختلف ترکیبات آلی، شامل اسمولیت‌ها (به‌عنوان‌مثال بتائین) هستند. جلبک‌های دریایی قهوه‌ای همچنین دارای متابولیت‌های ثانویه زیستی، ویتامین‌ها و پیش‌سازهای ویتامین‌ها و غنی از ترکیبات فنولی هستند. ترکیبات فنولی، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که تحت تنش‌های محیطی، از سلول و اجزای سلولی محافظت می‌کنند. عصاره جلبک دریایی حاوی تعدادی از هورمون‌های گیاهی ازجمله اکسید، سیتوکینین و جیبرلین هستند (Zodape, 2001). با توجه به اینکه تأثیر جلبک‌های دریایی قهوه‌ای بر جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه تحت شرایط تنش مورد مطالعه قرار نگرفته است، لذا ضرورت این تحقیق کاملاً لازم به نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش، بررسی میزان تحمل گیاه دان‌سیاه به سطوح مختلف خشکی، بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی آن با استفاده از عصاره جلبک دریایی و توصیه کاربردی برای توسعه کشت این گیاه در مناطق با محدودیت آبی کشور بوده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

به‌منظور بررسی اثر نوع و غلظت‌های مختلف سه جلبک دریایی قهوه‌ای بر روی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دان‌سیاه در سطوح مختلف تنش خشکی پژوهشی در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۴۰۱، انجام شد. پژوهش مذکور به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. فاکتور اول شامل ۷ سطح شاهد (کاربرد آب مقطر و عدم استفاده از جلبک) و عصاره جلبک‌های دریایی *Ascophllum nodosum*، *Eckalinia maxima* و *Sargassum glaucescens* (به ترتیب با نام تجاری Basfoliar، Acadian و Alga600) هر یک در دو غلظت (۲ و ۳ درصد) به‌صورت پرایمینگ و فاکتور دوم شامل سه سطح خشکی (۰، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال) بود (جدول ۱).

تهیه سطوح مختلف خشکی

برای ایجاد محیط مصنوعی کنترل پتانسیل آب (تنش خشکی ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال) در شرایط آزمایشگاهی و به روش میچل و کافمن، از ماده پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (PEG6000) و برای ایجاد پتانسیل صفر از آب مقطر استفاده شد. برای ایجاد این سطوح تنش از حل کردن ماده کریستاله پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در آب مقطر استفاده شد (Michel and Kaufmann, 1973). میزان ماده کریستاله پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ برای حل کردن در آب مقطر از فرمول زیر استفاده شد:

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

C: غلظت پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰

T: دما که برابر ۲۵ درجه سانتی‌گراد است.

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

جدول ۱- مشخصات کودهای مورد استفاده در پژوهش

Basfoliar								
عصاره جلبک	مس	بور	روی	منگنز	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
Algae extract	Cu	B	Zn	Mn	Fe	K_2O	P_2O_5	N
۱۰ ٪	۰/۰۲ ٪	۰/۰۱ ٪	۰/۰۱ ٪	۰/۰۱ ٪	۰/۰۲ ٪	۱۸ ٪	۱/۶ ٪	۳ ٪
Alga600								
مواد آلی		اسید آلژینیک	آمونیوم اسید			پتاسیم	فسفر	نیتروژن
Organic Matter		Alginic Acid	Amino Acids			K_2O	P_2O_5	N
۳۷ ٪		۱۳ ٪	۴ ٪			۱۸٪	۶ ٪	۰/۵ ٪
Acadian								
مواد آلی		اسید آلژینیک	آمونیوم اسید			پتاسیم	فسفر	نیتروژن
Organic Matter		Alginic Acid	Amino Acids			K_2O	P_2O_5	N
۴۵ ٪		۱۰ ٪	۴/۴ ٪			۱۷ ٪	۰/۲ ٪	۰/۷ ٪

اعمال تیمارها

پس از ضدعفونی محیط و وسایل مورد استفاده، کف هر ظرف پتری (با قطر هشت سانتی‌متر) کاغذ صافی واتمن استریل گذاشته شد. پس از آن بذرها با استفاده از الکل ۷۰ درصد به مدت ۱۰ ثانیه و محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت‌سدیم به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و پس از سه بار شستشو با آب مقطر استریل گردید. بذرها در گروه‌های ۲۵ تایی در هر ظرف پتری به‌صورت یکنواخت بر روی کاغذ صافی (واتمن) قرار داده شد. پس از تهیه غلظت‌های مختلف از هر یک از کودهای حاوی جلبک‌های دریایی مورد نظر، بذرها به مدت سه ساعت در معرض غلظت مورد نظر قرار گرفت. سپس به ظروف هر تیمار از سطوح تنش خشکی به میزان ۷ میلی‌لیتر محلول مربوطه اضافه شد به‌گونه‌ای که دوسوم بذور در محلول پلی‌اتیلن گلایکول غوطه‌ور شدند. همچنین ظروف در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری کنترل‌شده ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (دوازده امامی و همکاران، ۱۳۸۸)، در دستگاه ژرمیناتور به مدت ۷ روز قرار گرفت (Ghane et al., 2012).

بازدید از نمونه‌ها به‌صورت روزانه و به مدت ۷ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه‌زده از مرحله شروع تا پایان جوانه‌زنی طی دوره آزمایش، برای ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی ثبت گردید.

اندازه‌گیری صفات آزمایشگاهی

صفات مورد ارزیابی در این آزمایش شامل موارد زیر است:

درصد جوانه‌زنی (Ikic et al., 2012):

$$\text{Germination Percentage (GP)} = (N_G / N_T) \times 100 \quad (۲)$$

N_G: تعداد بذرهای جوانه‌زده، N_T: تعداد کل بذرها

سرعت جوانه‌زنی (Karta and Bekele, 2012):

$$\text{Germination Rate (GR)} = \sum (Ni / Di) \quad (۳)$$

Ni: تعداد بذر جوانه‌زده در روز n ام، Di: روز n ام پس از شروع آزمایش

متوسط زمان جوانه‌زنی (Ya-jing et al., 2009):

Mean Germination Time (MGT) = ∑ (GT × Tt) / ∑G (۴)

MGT: میانگین زمان جوانه‌زنی، GT: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز t ام، Tt: زمان متناظر برای GT در روزها

ضریب سرعت جوانه‌زنی (Ya-jing et al., 2009):

Coefficient of Velocity of Germination (CVG) = [∑Gt / ∑(Gt× Tt)] × 100 (۵)

CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی (برحسب درصد)، Gt: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز t ام، Tt: زمان متناظر برای Gt در روزها

جوانه‌زنی نسبی (Rho and Kill, 1986):

Relative Germination (RG) = (TGS / CGS) × 100 (۶)

GR: جوانه‌زنی نسبی، TGS: تعداد بذرهای جوانه‌زده تحت تیمار، CGS: تعداد بذرهای جوانه‌زده در شاهد

شاخص جوانه‌زنی (Scott et al.,1984):

Germination Index (GI) = (∑ Ti Ni) / S (۷)

Ni: زمان شمارش (روز) پس از کاشت، Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش (روز)، S: کل بذرهای کشت‌شده

میانگین جوانه‌زنی روزانه (Hunter et al., 1984):

Mean Daily Germination (MDG) = FGP / D (۸)

FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی، D: طول دوره آزمایش

سرعت جوانه‌زنی روزانه (Maguire, 1962):

Daily Germination Speed (DGS) = 1/MDG (۹)

پس از گردآوری اطلاعات جهت تجزیه داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار اکسل (Excel) انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

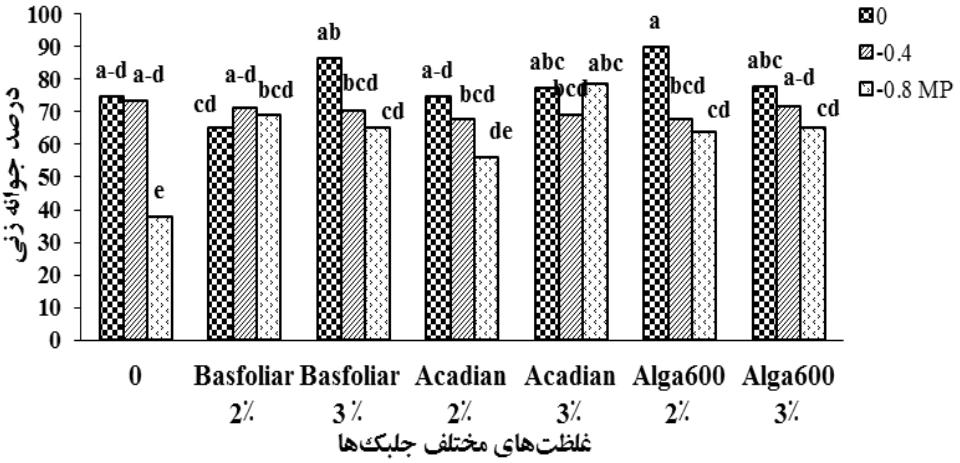
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود و تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کود × تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد تیمار دو درصد Alga600 و سطح خشکی صفر بیشترین و تیمار عدم کاربرد جلبک و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال کمترین درصد جوانه‌زنی را داشت. در ضمن با افزایش سطح تنش خشکی روند کاهشی در درصد جوانه‌زنی تمامی تیمارهای جلبک (به‌جز ۳٪ Acadian و 2% Basfoliar) مشاهده شد. اگرچه کاربرد کودها در غلظت‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در افزایش درصد جوانه‌زنی در تیمارهای تنش خشکی شاهد و ۰/۴- نداشت، اما در سطح تنش خشکی ۰/۸- تمامی تیمارهای کودی به‌طور معنی داری درصد جوانه‌زنی را نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) افزایش دادند (شکل ۱).

پلی‌اتیلن‌گلیکول باعث کاهش آبکافت (هیدرولیز) ماده اندوخته‌ای دانه و درنتیجه کاهش درصد جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف می‌شود (Tang et al., 2019). محققان گزارش نمودند که تنش خشکی موجب کاهش قابل‌توجه شاخص‌های جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی شد (Javadi et al., 2018). به نظر می‌رسد در اثر اختلال در جذب آب توسط بذر، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی صورت می گیرد و درنتیجه کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه را در پی خواهد داشت. یکی از دلایل احتمالی کاهش رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی را می‌توان به تغییرات هورمونی نسبت داد، چراکه محدودیت آب در بستر بذر با افزایش اسید آبسیزیک، مانع از جوانه‌زنی بذر و رشد مطلوب گیاهچه‌ها در مراحل ابتدایی رشد می‌شود (Taiz et al., 2015).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کود و تنش خشکی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، میانگین و سرعت جوانه‌زنی روزانه دان‌سیاه

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه زنی	میانگین جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه
کود	۶	۲۱۳/۸۸*	۱/۳۵۲۹*	۰/۲۵۵۴*	۳/۹۱۶۷*	۰/۰۰۰۴۶ns
تنش خشکی	۲	۱۲۹۶/۵۷*	۳۰/۲۲۸۱*	۲/۱۲۵۷۹*	۲۱/۷۲۰۴*	۰/۰۰۲۲۵*
کود× تنش خشکی	۱۲	۲۴۱/۹۸**	۰/۸۱۱۵**	۱/۲۸۶۴**	۴۵/۴۲۱*	۰/۰۰۰۵۷*
خطا	۴۲	۳۷/۲۱	۰/۵۰۶۳	۰/۰۹۲۵۴	۰/۵۹۳۸	۰/۰۰۰۲۳
ضریب تغییرات٪		۸/۶۸	۹/۹۷	۹/۲۶	۷/۲۵	۴/۶۴

n.s غیرمعنی‌دار، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪



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

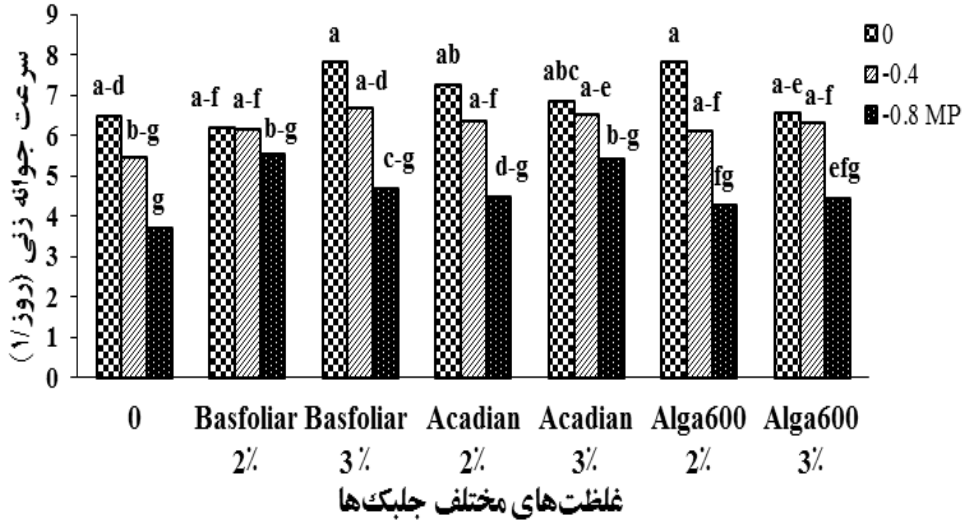
ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد باهم اختلاف معنی‌داری ندارند. کودهای Basfoliar، Acadian و Alga600 به ترتیب حاوی جلبک‌های *Eckalinia maxima*، *Ascophllum nodosum* و *Sargassum glaucescens* می‌باشند

سرعت جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد، همچنین اثر متقابل کود × تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی نشان داد که در همه غلظت‌های مختلف جلبک‌های مورد استفاده در این پژوهش با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای Alga600 2% و Basfoliar 3% در سطح خشکی صفر (شاهد) و کمترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار فاقد جلبک و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال به‌دست آمد. اگرچه به‌طورکلی کاربرد هر سه نوع جلبک در غلظت‌های مختلف توانست سرعت جوانه‌زنی را در هر سطح تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش دهد، اما این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۲).

بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه است که پیامد آن کاهش شاخص بنیه بذر و سرعت جوانه‌زنی است (Rahbarian et al., 2011). در یک بررسی بر روی ارقام گیاه نخود مشاهده شد که با کاهش پتانسیل اسمزی آب در بستر بذر مدت‌زمان لازم برای خروج

ریشه‌چه از بذر افزایش‌یافته و موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2016). منساح و همکاران گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی در بذر گیاه کنجد تحت تنش خشکی کاهش یافت (Mensah et al., 2006). هرا و همکاران اثر عصاره مایع جلبک‌های دریایی بر روی جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گوجه‌فرنگی را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که جلبک‌های *Ulva lactuca* و *Padina gymnospora* در غلظت پایین‌تر از ۰/۲ درصد موجب بالاترین سرعت جوانه‌زنی شدند (Hernández-Herrera et al., 2014).

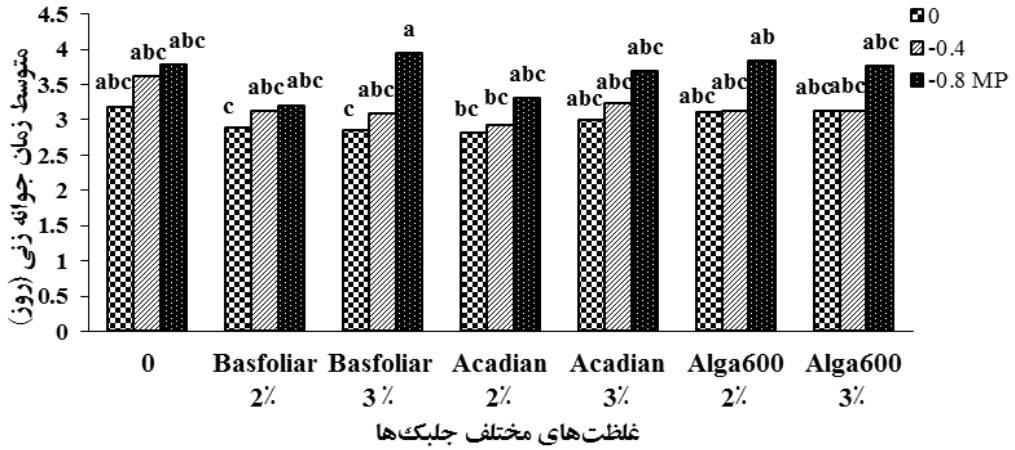


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی دان‌سیاه

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

متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود و تنش خشکی بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود × تنش خشکی، در سطح احتمال ۱ درصد بر متوسط زمان جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲). متوسط زمان جوانه‌زنی، در همه تیمارهای این آزمایش با افزایش شدت تنش خشکی روند صعودی داشت و در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال همه تیمارها متوسط زمان جوانه‌زنی بالاتری را دارا بود. بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در تیمار Basfoliar 3% و خشکی ۰/۸- مگاپاسکال مشاهده شد. به‌طورکلی کاربرد جلبک در هر سه سطح تنش خشکی اثر مثبتی را در کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد (شکل ۳). آخوندی (۱۳۸۹) و معصومی (۱۳۸۷) گزارش کردند که متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش سطوح تنش خشکی افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. هرا و همکاران اثر عصاره مایع جلبک‌های دریایی بر روی جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گوجه فرنگی را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که جلبک های *Ulva lactuca* و *Padina gymnospora* در غلظت پایین‌تر از ۰/۲ درصد، متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری داشتند (Hernández-Herrera et al., 2014).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر متوسط زمان جوانه‌زنی دان‌سیاه

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

میانگین جوانه‌زنی روزانه

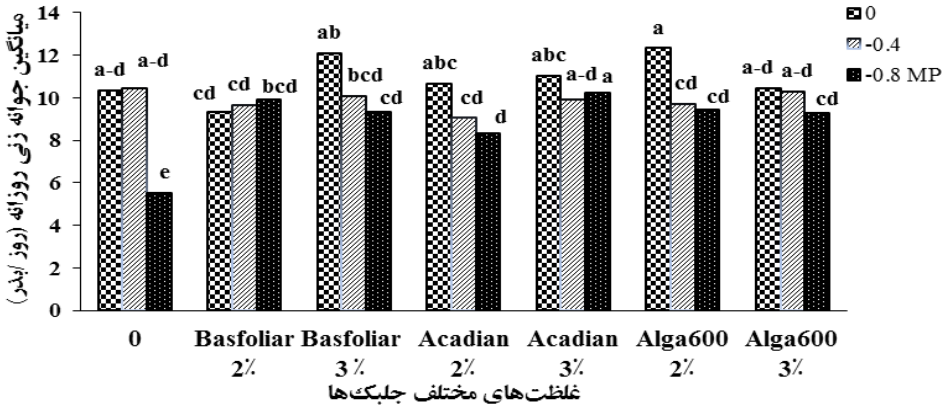
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود، تنش خشکی و اثر متقابل آن دو بر میانگین جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد روند نزولی در میانگین جوانه‌زنی روزانه در Basfoliar 3% ، Acadin 2% و هر دو غلظت Alga600 با افزایش شدت تنش خشکی مشاهده شد. در تیمار Basfoliar 2% با افزایش شدت تنش خشکی میانگین جوانه‌زنی روزانه، روند صعودی داشت. بیشترین میانگین جوانه‌زنی روزانه در تیمار جلبک Alga600 2% و خشکی صفر (شاهد) و کمترین میانگین جوانه‌زنی روزانه در تیمار فاقد جلبک و خشکی ۰/۸- مگاپاسکال به‌دست آمد. اگرچه کاربرد کودها در غلظت‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه در تیمارهای تنش خشکی شاهد و ۰/۴- نداشت، اما در سطح تنش خشکی ۰/۸- تمامی تیمارهای کودی به‌طور معنی‌داری میانگین جوانه‌زنی روزانه را نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) افزایش دادند (شکل ۴).

زو و همکاران در بررسی جوانه‌زنی بذر گیاه *Pinus sylvestris* به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح تنش خشکی میانگین جوانه‌زنی روزانه افزایش یافت (Zhou et al., 2007). اثر عصاره مایع جلبک‌های دریایی بر روی جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گوجه‌فرنگی نشان دادند که جلبک‌های *Ulva lactuca* و *Padina gymnospora* در غلظت پایین‌تر از ۰/۲ درصد، میانگین جوانه‌زنی روزانه بیشتری داشتند (Hernández-Herrera et al., 2014).

سرعت جوانه‌زنی روزانه

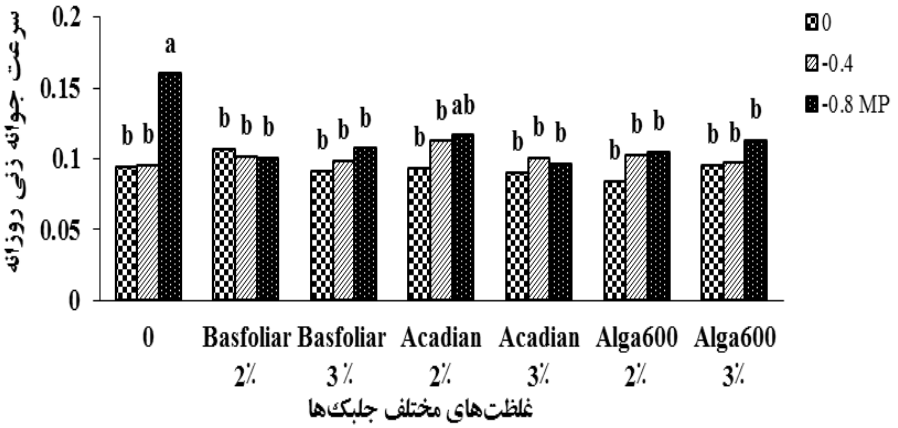
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی کود بر سرعت جوانه‌زنی روزانه تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل کود × تنش خشکی در سطح احتمال ۵ درصد بر سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل جلبک (کود) و تنش خشکی نشان داد که در Basfoliar 3%، Alga600 در هر دو غلظت، Acadian 2% و تیمار شاهد با افزایش شدت تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی روزانه روند صعودی داشت، اگرچه این اختلافات معنی‌دار نبود. تیمارخشکی ۰/۸- مگاپاسکال و فاقد جلبک بالاترین سرعت جوانه‌زنی روزانه را دارا بود. به‌طورکلی کاربرد جلبک به‌جز Basfoliar 2% و Acadian 3% در هر سه سطح تنش خشکی اثر مثبتی را در افزایش سرعت جوانه‌زنی روزانه

نشان داد (شکل ۵). غلامی و همکاران اثر تنش خشکی اعمال‌شده با پلی‌اتیلن‌گلایکول را بر شاخص‌های مختلف جوانه زنی بذرهای چهار گونه بادام وحشی بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلایکول، ظرفیت جوانه‌زنی، نرخ جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی روزانه و پارامترهای رویشی در همه گونه‌های مذکور کاهش‌یافته و شروع جوانه‌زنی با تأخیر مواجه می‌شود (Gholami et al., 2010). شمس‌الدین‌سعید و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه جنگلی (*Satureja mutica*) گزارش نمودند، با افزایش سطح تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی روزانه افزایش یافت.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر میانگین جوانه‌زنی روزانه دان‌سیاه

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



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی روزانه دان‌سیاه

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

شاخص جوانه‌زنی

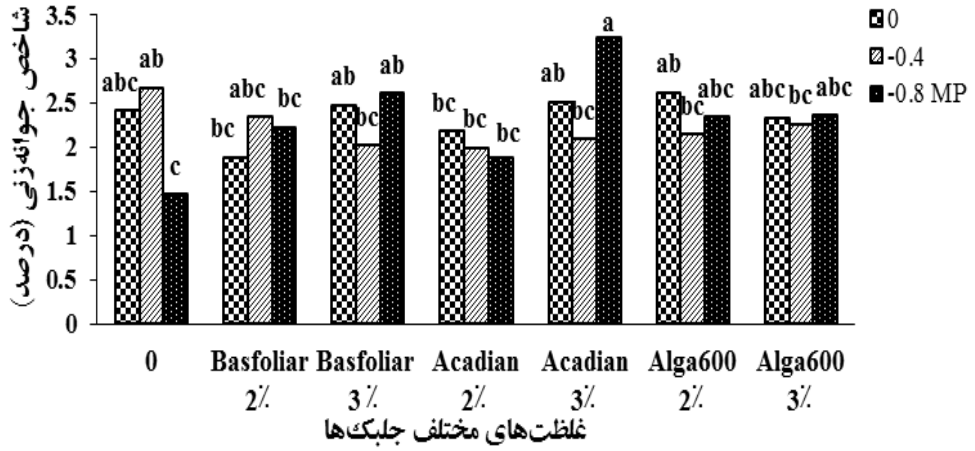
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود بر شاخص جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و اثر تنش خشکی بر شاخص جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل کود × تنش خشکی بر شاخص جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل

کود و تنش خشکی نشان داد که جلبک Acadian 3% در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال، بیشترین و تیمار فاقد جلبک و خشکی ۰/۸- مگاپاسکال، کمترین شاخص جوانه‌زنی را داشت. به‌طورکلی کاربرد هر سه نوع جلبک در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال تأثیر مثبتی بر شاخص جوانه‌زنی نسبت به عدم کاربرد کود (شاهد) داشت (شکل ۶). دلیل کاهش شاخص جوانه زنی با کاهش سرعت جوانه‌زنی در ارتباط است. کاهش در سرعت جوانه‌زنی به دلیل وقفه‌ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده رخ می‌دهد. دلیل وقفه ایجاد شده نیز می‌تواند خسارت‌های وارد شده به غشای سلول‌های بافت جنینی باشد؛ بنابراین مدت‌زمان لازم برای جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش شاخص جوانه‌زنی خواهد بود (Goodarzian Ghahfarokhi et al., 2019)

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کود و تنش خشکی بر شاخص و ضریب سرعت جوانه‌زنی و جوانه‌زنی نسبی دان‌سیاه

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	جوانه‌زنی نسبی
کود	۶	۰/۳۳۸۶۹*	۲۸/۶۵۸*	۲۴۱۸/۲*
تنش خشکی	۲	۰/۰۸۸۶ ns	۱۱۹/۷۹۱*	۲۴۶۰۳/۱*
کود × تنش خشکی	۱۲	۰/۴۷۷۹۳*	۹/۵۳**	۱۸۲۳/۵**
خطا	۴۲	۰/۰۹۷۸۰	۴/۷۶۵	۱۹۲/۳
ضریب تغییرات٪		۳/۷۱	۶/۹۸	۹/۶۲

n.sغیرمعنی‌دار، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثرمتقابل کود و تنش خشکی بر شاخص جوانه‌زنی دان‌سیاه

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

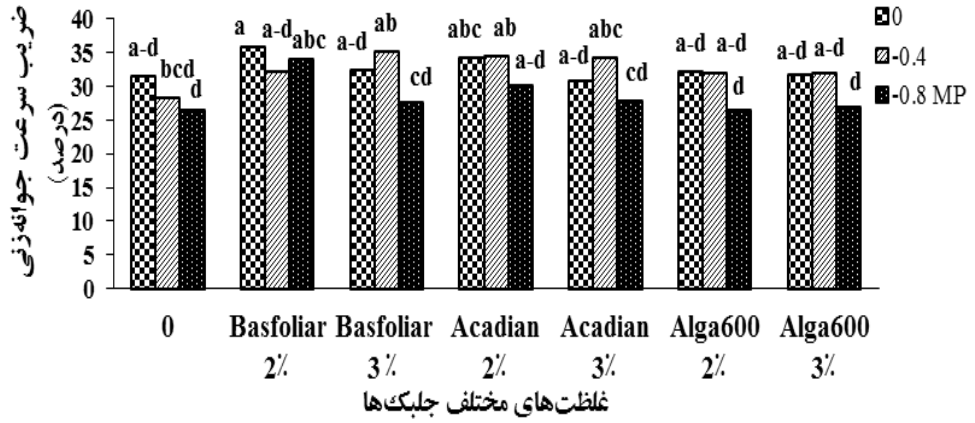
ضریب سرعت جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود و تنش خشکی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کود × تنش خشکی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی نشان داد که جلبک Basfoliar 2% در خشکی صفر (شاهد) بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی را داشت.

به‌طورکلی کاربرد هر سه نوع جلبک در تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال تأثیر مثبتی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی نسبت به عدم کاربرد کود (شاهد) داشت (شکل ۷). جلبک‌های *Ulva lactuca* و *Padina gymnospora* موجب افزایش ضریب سرعت جوانه‌زنی در بذر گوجه‌فرنگی شد (Hernández-Herrera et al., 2014).

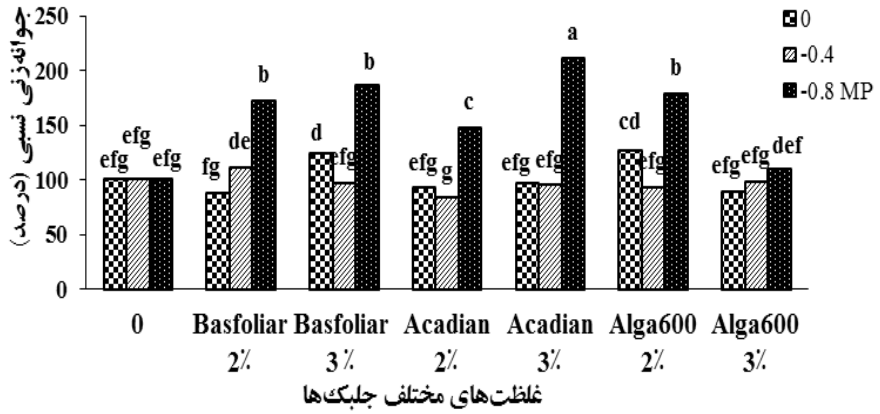
جوانه‌زنی نسبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی کود و تنش خشکی بر جوانه‌زنی نسبی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل کود × تنش خشکی بر جوانه‌زنی نسبی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی نشان داد که جلبک Acadian3% در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین جوانه‌زنی نسبی را داشت. اگرچه کاربرد جلبک‌ها در شرایط فاقد تنش و تنش ۰/۴- مگاپاسکال نتوانست جوانه‌زنی نسبی را بهبود بخشد، اما این تأثیر در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال کاملاً مشهود بود (شکل ۸). با افزایش سطح تنش خشکی در گیاه دارویی مرزه جنگلی (*Satureja mutica*) جوانه‌زنی نسبی افزایش یافت (شمس‌الدین‌سعید و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی دان‌سیاه

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



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تنش خشکی بر جوانه‌زنی نسبی بذر دان‌سیاه

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

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تیمار جلبک Alga600 2% در سطح خشکی صفر بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، تیمار Basfoliar 3% و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی، تیمار جلبک شاهد و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال، بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه، تیمار Acadian 3% و سطح خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیشترین شاخص جوانه‌زنی و جوانه‌زنی نسبی و تیمار جلبک Basfoliar 2% و سطح خشکی صفر (شاهد) بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی روزانه را تولید نمود. در این آزمایش تیمارهای Basfoliar 2% و Alga600 2٪ بیشترین تأثیر مثبت را بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه در شرایط فاقد تنش خشکی داشت. این در حالی است که در شرایط تنش، کود Basfoliar 3% و Acadian 3% تأثیر مثبتی را بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه نشان دادند. به‌طورکلی از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی موجب کاهش و کاربرد جلبک موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی بذر گیاه دان‌سیاه خصوصاً در شرایط تنش خشکی می‌گردد. بنابراین می‌توان روش بیوپرایمینگ بذر دان‌سیاه با جلبک دریایی را به‌عنوان روشی اقتصادی و کاربردی به کشاورز پیشنهاد داد تا بتواند در سطح گسترده، بذوری با درصد و سرعت جوانه‌زنی بالا، گیاهچه‌هایی قوی با سطح سبز یکنواخت و نهایتاً محصولی با عملکرد بالا در مزرعه، به‌ویژه در شرایط نامساعد محیطی تولید کند.

تشکر و قدردانی

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

منابع

آخوندی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش حاصل از PEG بر ژنوتیپ‌های یونجه در محیط آبکشت. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۷- ۵ مهرماه، دانشگاه شهید بهشتی. تهران.

دوازده‌امامی، س. و واثقی، آ. ۱۳۸۸. بررسی توانمندی‌های گیاه روغنی دان‌سیاه *Guizotia abyssinica* (L.F) Cass در منطقه اصفهان. اولین همایش ملی دانه‌های روغنی. ۱ تا ۲ مهرماه. دانشگاه صنعتی اصفهان.

شمس‌الدین‌سعید، م.، اسدی‌لاری، ا. و محمودی، ف. ۱۳۹۸. بررسی تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه جنگلی *Satureja mutica*، پانزدهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر. ۲۶-۱۶ شهریورماه. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

معصومی، ع. ۱۳۸۷. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی از PEG بر جوانه‌زنی ژنتیک نخود. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۳):۱۴۰-۱۳۲.

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.

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

Gholami, M., Rahemi, M. and Kholdebarin, B. 2010. Effect of drought stress induced by polyethyleneglycol on seed germination of four wild almond species. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 4(5): 785-791

González, E.M. 2023. Drought Stress Tolerance in Plants. International Journal of Molecular Sciences. 24: 1-3. DOI:10.3390/ijms24076562.

Goodarzian Ghahfarokhi, M., Darvishi, B. and Abdoli, M. 2019. Responses of germination characteristics and antioxidant enzymes activity to different levels of hydro-priming and seed ageing in three maize (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Plant Physiology and Breeding. 9(1): 17-32.

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.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost extract on germination

Ramadan, M.F. and Morsel, J.T. 2003. Phospholipid composition of Niger Seed (*Guizotia abyssinica* L. Cass) seed oil. Lebensm-Wiss. Technology, Food Science and Technology. 36(2): 273–276.

Rho, B.J. and Kill, B.S. 1986. Influence of phytotoxin *Pinus rigida* on the selected plants. Journal of Natural Science. Wonkwang University. 5:19-27.

Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed Germination. Crop Science. 24:1192-1199.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. and Murphy, A. 2015. Plant Physiology and Development. Sinauer Associates, Sunderland.

Tang, D., Wei, F., Qin, S., Khan, A., Kashif, M. H. and Zhou, R. 2019. Polyethylene glycol induced drought stress strongly influences seed germination, root morphology and cytoplasm of different kenaf genotypes. Industrial Crops and Products. 137: 180-186.

Ya-jing, G., Jin, H., Xian-ju, W. and Chen-xia, S. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Zhejiang University Science B. 10:427-433.

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.

Zhou, Y., Lam, H.M. and Zhang, J. 2007. Inhibition of photosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice. Journal of Experimental Botany. 58: 1207–1217.

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

Zodape, S.T., Mukhopadhyay, S., Eswaran, K., Reddy, M.P. and Chikara, J. 2010. Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L.) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. Journal of Scientific and Industrial Research. 69: 468–471...

characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Journal of Plant Research. 29: 589-598.

Hunter, E.A., Glasbey, C.A. and Naylor, R.E. 1984. The analysis of data from germination tests. The Journal of Agriculture Science. 102: 207-213.

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.

Javadi, A., Khomari, S., Esmaeilpour, B. and Asghari, A. 2018. Exogenous application of 24-epibrassinolide and nano-zinc oxide at flowering improves osmotic stress tolerance in harvested tomato seeds. Applied Ecology and Environmental Research. 16: 4401-4417.

Karta, K.K. and Bekele, A. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of Vicia villosa ssp. dasycarpa (Ten). African Journal of Agricultural Research, 7(21): 3202-3208.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Journal of Crop Science. 2:176-177.

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

Michel, B. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential glycol 6000. Plant Physiology. 51:914-916.

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.

Rahbarian, R., Khavarinejad, R., Ganjali, A., Bagheri, A. and Najafi, F. 2011. Investigating germination and seedling growth of tolerant and sensitive genotypes to drought stress under controlled conditions in chickpea (*Cicer arietinum* L). Agricultural Research of Iran. 10(3): 522-531.

Water Management in Agriculture
Vol. 12, No. 2, Autumn and Winter 2026, 1-14

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، ص. ۱۴-۱

The Effect of Drought Stress and Different Concentrations of Three Species of Brown Seaweed on Germination Characteristics of *Guizotia abyssinica* (L.F) Cass Seeds

H. Najafi[1], M. Rafieiolhossaini[2]*, P. Roshandel[3] and M. Zeinali Borujeni[4]

Abstract

Drought stress leads to a negative effect on *Guizotia abyssinica* germination characteristics. This research was conducted to investigate the effect of different concentrations of three brown Algae on Niger seed germination characteristics at different drought stress levels; as a factorial scheme in a completely randomized design with three replications.The first factor consisted of a control and extracts of three brown seaweeds" – *Ecklonia maxima* (Basfoliar), *Ascophyllum nodosum* (Acadian) and *Sargassum glaucescens* (Alga600)– each applied at concentrations 2% and 3%. The second factor consisted of three drought stress levels: 0, -0.4 and -0.8 MPa. The effect of fertilizer on all traits except daily germination rate, the effect of drought stress on all traits except germination index, and the interaction effect on all traits were significant. Means comparison of the interaction effect showed that Alga600 2% at zero drought stress had the highest germination percentage (90%), germination rate (7.8 1/days) and mean daily germination (12.33 seed /day). Basfoliar 3% and -0.8 MPa drought stress produced the highest mean germination time (3.9 days), control algae treatment and -0.8 MPa drought stress had the highest daily germination rate (0.16), Acadian 3% and -0.8 MPa drought stress had the highest germination index (3.24 percent) and relative germination (211.12 percent) and Basfoliar algae 2% and zero drought stress level produced the highest coefficient of velocity of germination (35.81 percent). In general, it can be concluded that drought stress reduces and the algae application improves seeds germination and growth characteristics of Niger seed, especially under drought stress conditions. Therefore, the use of brown seaweed can be suggested as an effective solution to reduce the destructive effects of drought stress.

Keywords: Brown seaweed, Drought stress, Germination indices, Niger seed

[1] MSc Graduate Student of Seed Science and Technology, Shahrekord University, Shahrekord
[2] Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord. (*Corresponding Author Email: rafiei@sku.ac.ir)
[3] Parto Roshandel, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord
[4] MSc Graduate Student of Seed Science and Technology, Islamic Azad University, Shahrekord branch, Shahrekord
Received: 19 Oct 2024
Accepted: 2 Jan 2024