

Effect of using Seaweed on Yield Components, Seed and Oil Yields of Safflower Genotypes in Saline Soils of the Tabriz plain

Bahman Pasban Eslam¹ 

Received: 7 May 2024

Accepted: 12 December 2024

1-Assoc. Prof., of Crop and Horticultural Science Research Dept, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: b_pasbaneslam@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Today, the usage of seaweed extracts is increasing in order to decrease the effects of environmental stresses in plants. The research aimed to study effects of seaweed on yield components, seed and oil yields of fall promising safflower, and select high-yielding genotypes to cultivate in saline and marginal soils of Tabriz plain.

Methods and Materials: An experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete blocks design with three replications in East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center during 2022-23. The experimental factors were foliar application of seaweed extract including control and spraying during flowering stage (4 ml m^{-2}), and second factor included 14 safflower genotypes.

Results: The effect of seaweed on safflower led to a significant increase in plant height, capitula per plant, 1000-seeds weight and seed and oil yields. The effect of seaweed on genotypes was significantly different. The correlation between capitula per plant and 1000-seeds weight with seed and oil yields were positively significant. The genotypes having higher capitula per plant and 1000-seeds weight indicated higher seed yield. The correlations among plant height and seed and oil yields were significantly positive.

Conclusion: The seed and oil yields of PI560166 genotype increased 1463 and 493 Kg h^{-1} respectively by seaweed extracts treatment. The genotypes PI426521, PI250204, PI752444, PI572441, PI259994, and PI525458 were indicated in the next steps respectively. Cultivating them and foliar spraying of seaweed extracts on plants during the flowering stage will lead to an economically acceptable yield. Therefore, expanding safflower production in the saline and marginal areas of Tabriz plain and regions with similar climates is possible.

Keywords: Biological Fertilizer, Economical Yield, Marginal Areas, Oilseeds, Sustainable Development

اثر کاربرد جلبک دریایی روی اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه در خاک‌های شور دشت تبریز

بهمن پاسبان اسلام^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۳

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

Email: b_pasbaneslam@yahoo.com

چکیده

مقدمه و اهداف: امروزه کاربرد عصاره جلبک دریایی برای کاهش اثرات تنش‌های محیطی در گیاهان رو به گسترش است. پژوهش به منظور بررسی اثرات جلبک دریایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های امید بخش گلرنگ پاییزه و گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول برای کشت در خاک‌های شور و کم‌بازده دشت تبریز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. کرت اصلی شامل محلول پاشی عصاره جلبک دریایی (شاهد و تیمار در مرحله گل‌دهی به مقدار ۴ میلی لیتر در متر مربع) و کرت فرعی ۱۴ ژنوتیپ گلرنگ بودند.

یافته‌ها: محلول پاشی گلرنگ با عصاره جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن گردید. اثر جلبک دریایی روی ژنوتیپ‌ها به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. همبستگی بین تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار شد. ژنوتیپ‌های با تعداد طبق و وزن هزار دانه بیشتر عملکرد دانه بالاتری کسب کردند. همبستگی بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه (۰/۷۱) و روغن (۰/۶۸) مثبت و معنی‌دار دیده شد.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ PI560166 در اثر تیمار جلبک دریایی به ترتیب ۱۴۶۳ و ۴۹۳ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد دانه و روغن نشان داد. ژنوتیپ‌های PI426521، PI250204، PI752444، PI572441، PI259994 و PI525458 به ترتیب در رتبه‌های بعدی بودند. کشت ژنوتیپ‌های مذکور به همراه محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در اراضی شور و کم‌بازده دشت تبریز و اقلیم‌های مشابه امکان توسعه کشت گلرنگ را فراهم خواهد آورد.

واژه‌های کلیدی: اراضی کم‌بازده، توسعه پایدار، دانه‌های روغنی، عملکرد اقتصادی، کود بیولوژیک

مقدمه

از طریق واردات تامین می‌شود. بنابراین تولید دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. گلرنگ

بخش اعظم روغن خوراکی مورد استفاده در کشور

(*Carthamus tinctorius* L.) یک دانه روغنی متحمل به تنش‌های غیر زیستی از جمله شوری و خشکی (باسیل و کافکا ۲۰۰۲) بوده و زراعت مناسبی برای کشت در اراضی کم‌بازده به‌شمار می‌رود (پاسبان اسلام ۲۰۰۴). در حال حاضر بیش از ۷۲۵ کیلومتر مربع اراضی زراعی شور (با شوری بین ۴ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر) در دشت تبریز وجود دارد (فرچ‌نیا ۲۰۱۹). با کاهش آب رودخانه‌های فصلی و چاه‌ها و همچنین خشک شدن دریاچه ارومیه (حسین‌زاده و همکاران ۲۰۱۲، حسین‌پور و همکاران ۲۰۲۲) و عدم امکان کشت محصولاتی مانند صیفی‌جات، کشت گلرنگ در منطقه در حال توسعه است. بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با منطقه و بهبود عملکرد دانه و روغن آنها باعث افزایش ارزش اقتصادی زراعت گلرنگ در منطقه شده و نقش اساسی در ممانعت از بایر شدن این اراضی خواهد داشت.

بررسی ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ در دشت تبریز نشان داد که ژنوتیپ‌های KW5، KW8 و پدیده بیشترین عملکرد دانه را در منطقه کسب کردند (پاسبان اسلام ۲۰۱۲). از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشته‌اند (کوتروباس و همکاران ۲۰۰۴). پاسبان اسلام (۲۰۰۴) با مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه در دشت تبریز طی تاریخ‌های کاشت مختلف نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بین آنها وجود دارد. در سال‌های اخیر استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌خصوص در کشاورزی ارگانیک گسترش یافته است (روس و گوینه ۲۰۰۴). نشان داده شده است که این عصاره‌ها بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه در تمام مراحل تا زمان برداشت و حتی پس از برداشت تأثیر مثبت دارند. نشان داده شده است که محصولات جلبک دریایی باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شده و با افزایش اندازه و تراکم ریشه، افزایش قابل توجهی در بنیه گیاهچه ایجاد می‌کند (رایوراس و همکاران ۲۰۰۸). بتائین‌های موجود در عصاره جلبک دریایی باعث جلوگیری از تخریب کلروفیل در گیاهان می‌شوند (بلوندن و همکاران ۱۹۹۷). گلايسين بتائين، جزئی از عصاره جلبک دریایی

است که از سلول‌ها در برابر عوامل تنش‌زای غیرزیست مختلف موثر ببر تعادل اسمزی، محافظت می‌کند. این امر از طریق محافظت از پروتئین‌های پیچیده، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کمپلکس فتوسیستم II به دست می‌آید (تیان و همکاران ۲۰۱۷). اثرات محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی گیاهان می‌تواند به‌علت وجود ترکیبات متعدد موثر بر رشد گیاه شامل: اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، محافظ‌های اسمزی و هورمون‌ها می‌باشد. همچنین این مواد بر خلاف کودهای شیمیایی باعث آلودگی محیط زیست نشده و برای انسان و حیوانات غیرسمی هستند (دلپوسو و همکاران ۲۰۰۷). کاربرد عصاره جلبک دریایی روی گیاهان باعث افزایش تحمل به تنش‌های خشکی و شوری می‌گردد که از علل اصلی آن وجود مواد معدنی همچون پتاسیم و مواد آلی مانند بتائین و گلايسين است. پتاسیم و اسید-های آمینه مذکور باعث بهبود تنظیم اسمزی داخل سلول‌های گیاهی می‌گردند (جاکوماسی و همکاران ۲۰۲۲؛ استریک و همکاران ۲۰۲۰). عصاره جلبک دریایی دارای مواد محرک رشد مانند فیتوهورمون‌ها (اکسین‌ها، اسید جیبرلیک، سیتوکینین‌ها و غیره)، عناصر معدنی (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، روی، آهن، مس و غیره)، اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها می‌باشد (لاتیک و همکاران ۲۰۱۷). بهبود رشد محصول و عملکرد دانه به-ویژه در شرایط دشوار محیطی مانند تنش خشکی و شوری از دیگر اثرات مفید استفاده از عصاره جلبک دریایی به‌عنوان تنظیم‌کننده طبیعی رشد گیاه می‌باشد. آذر مهر و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در گیاه کلزا باعث افزایش تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در شاخه، درصد روغن و عملکرد دانه می‌شود. راتوره و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی به‌طور قابل توجهی پارامترهای عملکرد گیاه سویا را افزایش می‌دهد و بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۱۵ درصد عصاره جلبک دریایی با ۵۷ درصد افزایش در عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد. در رتبه بعدی کاربرد ۱۲/۵ درصد عصاره جلبک دریایی قرار داشت که باعث افزایش ۴۶ درصدی

مواد و روش ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه خسروشاه (۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ اجرا شد. شرایط اقلیمی ایستگاه در سیستم اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه خشک بوده (علیخانی ۲۰۱۳) و دارای اراضی کم‌بازده و لب شور است. ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آمده است. همچنین شرایط آب و هوایی ایستگاه نیز در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کاشت در ۲۰ شهریور ماه انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل عصاره جلبک دریایی (گونه به‌کار رفته *Ecklonia maxima* بود) به‌عنوان کرت اصلی با دو سطح: بدون تیمار و محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و کرت فرعی ۱۴ ژنوتیپ امید بخش گلرنگ شامل: PI560185, PI426521, PI259994, PI250204, PI426521, PI537698, PI525458, PI537694, PI525457, PI572444, L1, PI572441, PI560166 و Padideh بودند. محلول پاشی در دو نوبت صورت گرفت. نوبت اول در زمان شروع مرحله گل‌دهی و نوبت دوم اواسط مرحله گل‌دهی انجام شد. مقدار کل عصاره مورد استفاده برای محلول پاشی ۰/۴ میلی لیتر در هر متر مربع بود (معادل ۴ لیتر در هکتار). عصاره شامل: ۰/۱۲۶ درصد پتاسیم محلول در آب، ۹/۰۶ درصد ماده آلی و ۵ درصد کربن آلی بود. عصاره جلبک دریایی با نام تجاری اگر کپ ۱۰۰ اکسترا (Agriclp 100 Extra) تولید شرکت آگچم رالفز (Agchem Rulfes) کشور آفریقای جنوبی به‌کار رفت. هر کرت آزمایشی از ۶ ردیف به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول پنج متر شکل گرفت. فاصله بوته‌ها روی ردیف در هفت سانتی‌متر تثبیت شدند. کاشت بذر برپایه ۲۰ کیلوگرم برای هر هکتار بود. برای آبیاری از آب چاه با شوری ۴/۵ دسی زیمنس بر متر استفاده شد. کوددهی مزرعه با استفاده از اوره به‌مقدار ۲۲۲ کیلوگرم (در سه قسط شامل: زمان کاشت، شروع رشد بهاره و گل‌دهی)، سولفات پتاسیم

عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. در همین مطالعه بهبود جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) از خاک در اثر استفاده از جلبک دریایی روی گیاه سویا نیز گزارش شده است (راتوره و همکاران ۲۰۰۹). پژوهشگران دریافته‌اند که کاربرد کود جلبک دریایی به‌صورت پیش تیمار بذری و محلول‌پاشی برگ‌ی سبب افزایش میزان کلروفیل در سویا می‌گردد (جوشی پانری و همکاران ۲۰۲۰). نتایج مطالعات کومار و ساهو (۲۰۱۱) روشن ساخت که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۲۰ درصد روی بوته‌های گندم باعث افزایش ۱۱ درصدی در عملکرد دانه نسبت به شاهد می‌شود. در تحقیقی نشان داده شده است که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی گیاهان گندم در مرحله گل‌دهی باعث افزایش معنی‌دار وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در واحد سطح گردید (زوداپه و همکاران ۲۰۱۱). همچنین کاربرد عصاره جلبک دریایی روی گیاهان کلزای در معرض تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پرولین، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، غلظت کلروفیل، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه گردید (شهریاری و همکاران ۲۰۲۱). با کاربرد جلبک دریایی، میزان پرولین در سلول‌های گیاهی بالا رفته و از طریق ایجاد تنظیم اسمزی، افزایش وزن خشک ریشه، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشا، باعث بهبود رشد و عملکرد می‌شود. همچنین عصاره جلبک دریایی با افزایش ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ، مقدار کلروفیل برگ، پایداری غشای سلولی و محتوای کاراتنوئید باعث افزایش فتوسنتز خالص شده و در نهایت به افزایش عملکرد دانه منجر می‌گردد (احمد پور و همکاران ۲۰۲۰؛ محمدپور و همکاران ۲۰۲۲).

اهداف مطالعه بررسی اثرات محلول پاشی جلبک دریایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های امید بخش گلرنگ پاییزه و گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول برای کشت در خاک‌های شور و کم-بازده دشت تبریز و اراضی با شرایط اقلیمی مشابه بود.

آنها برای هر کرت تعیین شد. در زمان رسیدگی محصول (۹ مرداد ماه) پس از حذف حاشیه‌ها، کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه‌ها تعیین شدند. روغن دانه‌ها به‌روش استخراج پیوسته سوکسله استخراج شد (میر نظامی ضیابری و صانعی شریعت پناه ۱۹۹۴). تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با نرم افزار آماری MSTATC صورت گرفت. برای مقایسه میانگین صفات از آزمون توکی استفاده شد.

۸۰ کیلوگرم و سوپر فسفات تریپل ۱۵۰ کیلوگرم (هر دو به‌هنگام کاشت) به ازای هر هکتار محاسبه و انجام گرفت. در زمان غنچه‌دهی بوته‌ها، برای مبارزه با آفت مگس گلرنگ مزرعه با سم دیازینون به غلظت یک و نیم در هزار سمپاشی شد.

برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در زمان رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌ها از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع آنها بر حسب سانتی‌متر، تعداد طبق‌ها در هر بوته و تعداد دانه‌ها در هر طبق شمارش شده و میانگین

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	پتاسیم (mg Kg^{-1})	فسفر (mg Kg^{-1})	نیتروژن (%)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS m^{-1})	واکنش خاک
۶۸	۲۰	۱۲	۲۰۸	۱۲	۰/۰۴	۰/۳۸	۶/۱	۸/۳

جدول ۲- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه خسروشاه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداقل ($^{\circ}\text{C}$)	میانگین دمای حداکثر ($^{\circ}\text{C}$)	میانگین کل دما ($^{\circ}\text{C}$)	مجموع بارندگی (mm)
۱۴۰۱	شهریور	۱۶/۱	۳۲/۹	۲۴/۵	۰/۵
	مهر	۱۱/۴	۲۶/۷	۱۹/۰	۶/۰
	آبان	۳/۹	۱۵/۸	۹/۸	۱۲/۸
	آذر	۰/۸	۹/۶	۵/۲	۱۲/۹
	دی	-۴/۸	۴/۸	۰/۰	۵/۲
۱۴۰۲	بهمن	-۵/۲	۴/۰	-۰/۶	۹/۷
	اسفند	۲/۱	۱۴/۷	۸/۴	۱۵/۹
	فروردین	۶/۸	۱۸/۱	۱۲/۴	۲۲/۵
	اردیبهشت	۹/۵	۲۳/۰	۱۶/۳	۳۸/۲
	خرداد	۱۵/۱	۲۵/۵	۲۲/۳	۴/۳
	تیر	۱۹/۰	۳۲/۲	۱۶/۱	۰/۰

- داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (خسروشاه) اخذ شده است

نتایج و بحث

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد آزمایش نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی اثر معنی-داری روی ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن داشت. علاوه بر آن بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن دیده شد. اثر متقابل فاکتورهای مورد آزمایش روی ارتفاع بوته، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود (جدول ۳). محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی بوته‌های گلرنگ باعث افزایش معنی‌دار به‌طور میانگین ۴/۳ طبق در بوته، ۴/۷

گرم وزن هزار دانه و یک درصد روغن (جدول ۴) و همچنین افزایش معنی دار عملکرد دانه و روغن گردید (جدول ۶). ژنوتیپ‌های PI560166، پدیده، PI259994 و PI537698، PI572441 و PI250204، LT، PI537694 به‌ترتیب بیشترین تعداد دانه در طبق را نشان دادند (جدول ۴). همچنین بیشترین وزن هزار دانه به‌ترتیب به PI560166، PI426521، PI525458، PI537698، PI259994، PI572441 و LI.

تعلق گرفت (جدول ۵). همواره محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی بوته‌های گلرنگ باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه و روغن شد (به‌جز دو ژنوتیپ LI و PI426521) ولی مقدار این افزایش بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود (جدول ۶). گزارش شده است از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشته‌اند (کوتروباس و همکاران ۲۰۰۴).

جدول ۳- واریانس صفات اندازه‌گیری شده روی ژنوتیپ‌های گلرنگ در دو سطح تیمار جلبک دریایی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲.

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن دانه
تکرار	۲	۸۵/۰۳۳	۱۸/۹۷۸*	۱۹/۱۴۴	۱/۴۳۳	۲۸۹۲/۵۷۸	۲/۶۳۳
تیمار جلبک دریایی	۱	۲۰۵۴/۴۴۴*	۴۲۲/۵۰۰**	۳/۶۰۰	۴۹۴/۶۷۸*	۵۱۸۷۳۶۰/۵۴۴**	۲۱/۵۱۱*
خطای صلی	۲	۵۳/۵۴۴۴	۰/۵۳۳	۸/۲۳۲	۱۴/۱۴۴	۲۵۲۲/۷۱۱	۰/۶۷۸
ژنوتیپ	۱۳	۱۲۵۰/۱۷۱**	۵/۲۳۵	۲۹/۹۴۹**	۱۴/۳۱۴*	۵۴۹۱۰۲/۶۵۹**	۱/۸۱۴
تیمار جلبک × ژنوتیپ	۱۳	۳۰۷/۸۷۳**	۸/۶۱۹	۱۱/۷۴۳	۱۰/۷۹۷	۳۲۶۸۱۷/۰۲۱**	۱/۲۹۷
خطای فرعی	۵۲	۱۲۵/۲۱۷	۵/۵۲۹	۶/۵۲۲	۷/۴۹۱	۹۳۹۱۹/۶۲۱	۱/۷۶۳
ضریب تغییرات (%)		۷/۹۴	۱۲/۴۷	۶/۰۴	۷/۴۰	۱۱/۱۱	۴/۲۶

* و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی گلرنگ در دو سطح تیمار جلبک دریایی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲.

تیمار جلبک دریایی	تعداد طبق در بوته	وزن هزار دانه (g)	درصد روغن دانه
بدون تیمار	۱۶/۷	۳۴/۶	۳۰/۷
با تیمار جلبک دریایی	۲۱/۰	۳۹/۳	۳۱/۷

معنی دار در سطح احتمال پنج درصد برای ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه و یک درصد برای سایر صفات با آزمون f می‌باشد.

بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه PI560166 با داشتن بیشترین تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته ۱۵۹ سانتی‌متر بالاترین عملکرد دانه به‌مقدار ۴۰۰۹ کیلوگرم در هکتار را در شرایط محلول پاشی نشان داد. این ژنوتیپ با ۱۴۶۳ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد دانه ناشی از محلول پاشی عصاره جلبک دریایی، بیشترین تاثیر پذیری از کود مذکور را

داشت. رتبه‌های بعدی افزایش عملکرد دانه ناشی از اثرات محلول پاشی به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های PI426521، PI250204، PI752444، PI572441 و PI259994 تعلق گرفتند (جدول ۶). این مقدار افزایش‌ها برای محصولی مانند گلرنگ در اراضی شور و کم‌بازده می‌تواند نقش موثری در دستیابی به محصول قابل قبول اقتصادی داشته باشد. ژنوتیپ‌های LI،

بوته و عملکرد دانه گردید (سیبی و همکاران ۲۰۱۶). نتایج تحقیق مذکور نشان داد که اثر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در مرحله زایشی گلرنگ روی عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از محلول پاشی در مرحله رویشی بوده است. یعقوب نژاد و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی بوته‌های گلرنگ در مرحله گل‌دهی باعث افزایش تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه می‌گردد.

PI259994، PI752444، PI560166 و پدیده به‌ترتیب بیشترین ارتفاع بوته را کسب کردند (جدول ۶). بالا بودن ارتفاع بوته در گلرنگ قابلیت برداشت مکانیزه آن را بخصوص در اراضی شور و کم‌بازده که گیاه با محدودیت رشد مواجه است، افزایش می‌دهد. بنابراین بالاتر بودن ارتفاع بوته در گزینش ژنوتیپ‌ها برای کشت در اراضی شور یک مزیت محسوب می‌گردد. نتایج تحقیقی نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی روی بوته‌های گلرنگ در مراحل رشد رویشی و زایشی به‌ترتیب باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک کل

جدول ۵- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲.

ژنوتیپ	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (g)
PI250204	۴۲/۷ a-f	۳۷/۷ a-d
PI259994	۴۴/۸ a-c	۳۷/۸ a-d
PI426521	۴۲/۳ a-f	۳۸/۸ ab
PI560185	۴۲/۳ a-f	۳۵/۳ b-d
PI426521	۳۹/۵ d-f	۳۵/۲ b-d
PI525458	۴۱/۲ b-f	۳۹/۷ a
PI537698	۴۴/۰ a-d	۳۸/۰ a-c
PI537694	۴۳/۲ a-e	۳۴/۲ d
PI525457	۳۹/۳ ef	۳۶/۲ a-d
PI572444	۳۸/۲ f	۳۷/۲ a-d
L1	۴۲/۸ a-e	۳۷/۰ a-d
PI572441	۴۲/۵ a-f	۳۵/۰ cd
PI560166	۴۵/۸ a	۳۸/۲ a-c
Padideh	۴۵/۳ ab	۳۷/۷ a-d

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون توکی می‌باشد

شور شدن فزاینده خاک و آب امکان کشت سایر محصولات رایج مانند پیاز و صیفی‌جات از بین رفته است (فرج‌نیا ۲۰۱۹). نشان داده شده است که کاربرد عصاره جلبک دریایی روی گیاهان کلزای در معرض تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز، پرولین، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، غلظت کلروفیل، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه گردید (شهریاری و همکاران ۲۰۲۱). تنوع ژنتیکی معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و سازگاری با شرایط اقلیمی متفاوت در ژرم پلاسما گلرنگ به‌دست آمده است که

در مجموع نتایج به‌دست آمده نشان‌گر آن است که بین ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه در اراضی شور و کم‌بازده دشت تبریز، تنوع معنی‌داری از نظر تاثیر پذیری عملکرد دانه و روغن از عصاره جلبک دریایی به‌عنوان ماده غذایی مکمل و محرک رشد وجود دارد. همچنین ژنوتیپ‌های امید بخش با محصول اقتصادی قابل قبول در اراضی شور دشت تبریز گزینش شدند. این امر امکان توسعه کشت گلرنگ در این اراضی که سطحی بالغ بر ۷۲۵ کیلومتر مربع را به‌خود اختصاص داده است، فراهم می‌نماید. در اراضی مذکور به‌علت

امکان گزینش ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط اقلیمی گوناگون بخصوص اراضی شور را فراهم می‌سازد (بورتوهیرو و سیلوا ۲۰۱۷). نتایج یک آزمایش روی ارقام گلرنگ درحوزه دریاچه ارومیه نشان داد که همواره رقم پدیده بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص می‌دهد (حق‌شناس و همکاران ۲۰۲۱). گزارش شده است گلرنگ پاییزه رقم پدیده در دشت تبریز با تولید عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۴۴۲۰ و ۱۳۶۹ کیلوگرم در هکتار رقم برتر بود (پاسبان اسلام ۲۰۱۵). همچنین ژنوتیپ‌هایی که در شرایط عادی عملکرد دانه بالاتری داشتند، در شرایط کمبود آب نیز

عملکرد دانه بیشتری کسب کردند (صفوی و همکاران ۲۰۱۳). پاسبان اسلام (۲۰۰۴) با مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه در خسروشاه نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بین آنها وجود دارد. نتایج حاصل از بررسی سازگاری ۱۰ لاین گلرنگ در کرج، اصفهان و داراب فارس طی سه سال زراعی، نشان داد که بین لاین‌های مورد ارزیابی تنوع قابل توجهی از نظر عملکرد دانه و روغن در این محیط‌ها وجود دارد (امیدی تبریزی، ۲۰۰۶).

جدول ۶- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ در دوسطح بدون تیمار و تیمار عصاره جلبک دریایی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲.

تیمار جلبک دریایی	ژنوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹)
بدون تیمار	PI250204	۱۲۰ i-m	۲۲۷۵ i-m	۶۹۷ j-m
	PI259994	۱۵۱ a-g	۲۳۹۰ h-m	۷۴۱ h-m
	PI426521	۱۴۹ b-h	۲۷۲۶ c-l	۸۰۸ e-l
	PI560185	۱۳۵ e-j	۲۵۸۷ d-l	۷۷۶ f-l
	PI426521	۱۰۹ lm	۱۸۳۹ m	۵۷۶ m
	PI525458	۱۰۲ m	۲۲۲۱ j-m	۶۸۰ lm
	PI537698	۱۳۱ g-k	۲۶۸۲ l	۸۳۲ d-l
	PI537694	۱۴۷ a-h	۲۷۹۵ k	۸۸۵ b-k
	PI525457	۱۱۳ k-m	۲۱۲۳ lm	۶۸۶ k-m
	PI752444	۱۲۷ h-l	۲۲۰۰ k-m	۶۸۲ lm
	L1	۱۶۲ a-c	۲۵۰۲ f-l	۷۵۱ g-m
	PI572441	۱۳۶ e-j	۲۴۴۰ g-l	۷۲۴ i-m
	PI560166	۱۴۱ c-i	۲۵۴۶ e-l	۷۶۴ f-m
	Padideh	۱۵۶ a-e	۳۰۲۰ b-g	۹۰۶ b-i
	PI250204	۱۴۸ a-h	۳۱۵۷ b-d	۱۰۰۰ b-e
	PI259994	۱۵۹ a-d	۲۹۶۳ b-h	۹۴۸ b-g
	PI426521	۱۴۳ b-h	۲۶۵۵ c-l	۸۲۱ d-l
	PI560185	۱۴۴ b-h	۲۸۱۳ c-j	۹۱۸ b-i
	PI426521	۱۳۷ d-j	۲۷۳۱ c-k	۸۳۲ d-l
	PI525458	۱۳۲ f-k	۲۸۳۷ b-i	۸۹۶ b-j
تیمار جلبک دریایی	PI537698	۱۴۵ b-h	۳۲۵۱ bc	۱۰۵۳ bc
	PI537694	۱۴۶ b-h	۲۹۴۳ b-h	۹۳۱ b-h
	PI525457	۱۱۷ j-m	۲۷۱۵ c-l	۸۷۹ c-l
	PI572444	۱۵۴ a-f	۳۰۶۸ b-f	۹۶۲ b-f
	L1	۱۴۴ b-h	۲۳۲۴ i-m	۷۴۵ h-m
	PI572441	۱۴۰ c-i	۳۱۲۶ b-e	۹۵۶ b-f
	PI560166	۱۵۹ a-d	۴۰۰۹ a	۱۲۵۷ a
	Padideh	۱۵۳ a-j	۳۱۸۶ b-d	۱۰۳۴ bc

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون توکی می‌باشد

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان داد که بین ارتفاع بوته با تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق عملکرد دانه و روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۷). با توجه به اینکه بالاتر بودن ارتفاع بوته در گلرنگ یک مزیت بوده و امکان برداشت مکانیزه با کمباین گندم را تسهیل می‌کند، همبستگی مثبت این صفت با عملکرد دانه و روغن یک مزیت در گزینش ژنوتیپ‌های سازگار و با عملکرد دانه قابل قبول برای منطقه آزمایش خواهد بود. همبستگی بین تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه

با یکدیگر و با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۷). در این آزمایش بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز ژنوتیپ‌های با تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه بیشتر عملکرد دانه بالاتری داشتند (جدول ۶). مثبت و معنی‌دار بودن همبستگی بین عملکرد دانه و روغن در مطالعه حاضر نشان دهنده نقش برجسته عملکرد دانه در تعیین عملکرد روغن می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه روی عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشته‌اند (کوتروباس و همکاران ۲۰۰۴).

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

صفات	ارتفاع بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
ارتفاع بوته							
تعداد طبق در بوته	۰/۵۶**						
تعداد دانه در خورجین	۰/۴۴*	۰/۱۰					
وزن هزار دانه	۰/۲۲	۰/۶۷**	۰/۲۰				
عملکرد دانه	۰/۷۱**	۰/۷۸**	۰/۳۵	۰/۵۲**			
درصد روغن	۰/۰۳	۰/۵۱**	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۲۴		
عملکرد روغن	۰/۶۸**	۰/۸۲**	۰/۳۱	۰/۵۴**	۰/۹۹**	۰/۳۹*	

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان دادند که محلول پاشی ژنوتیپ‌های گلرنگ با عصاره جلبک دریایی در شروع و اواسط مرحله گل‌دهی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن گردید. این بهبود عملکرد محصول می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در توسعه کشت گلرنگ و دستیابی به محصول قابل قبول به‌ویژه در اراضی شور و کم‌بازده دشت تبریز و مناطقی با اقلیم مشابه داشته باشد. اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تاثیر پذیری از محلول پاشی جلبک دریایی دیده شد. ژنوتیپ‌های PI250204، PI426521، PI560166، PI525458 و PI259994 و PI572441، PI752444 به ترتیب بیشترین عملکرد دانه و روغن را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد کشت ژنوتیپ‌های

مذکور به‌همراه محلول پاشی عصاره جلبک دریایی در مرحله گل‌دهی در اراضی شور و کم‌بازده دشت تبریز و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه ضمن تولید محصول قابل قبول اقتصادی امکان توسعه کشت گلرنگ را فراهم آورد. همبستگی بین تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه با یکدیگر و با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز ژنوتیپ‌های با تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه بیشتر عملکرد دانه بالاتری داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه و روغن دیده شد. چون بالاتر بودن ارتفاع بوته در گلرنگ برای تسهیل برداشت مکانیزه یک صفت مطلوب است، بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالاتر برای منطقه آزمایش با فنوتیپ بوته سازگار با برداشت مکانیزه همراه خواهد بود.

سیاسگزاری

بدین وسیله از همکاری مدیریت مزرعه و پرسنل
محترم ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و

آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان
شرقی تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Alikhani B. 2013. Climatology of Iran (geography branch). Peyameh Nour University Publication. 236 p. (In Persian with English Abstract).
- Ahmadpour R, Salimi A, Zaidi A and Armand N. 2020. Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morpho-physiological indicators. Iranian Journal of Pulses Research, 12(2): 199-213. (In Persian with English Abstract). doi 10.22067/ijpr.v12i2.89194
- Azarmehr A, Baghi M and Ziaie-Nasab M. 2017. Effect of seaweed extract (Basfoliar Kelp sl) and sulphate (K-leaf) on yield and some yield components of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) var. Nataly. Agronomy Researches Near Kavir, 14 (3):155-165. (In Persian with English Abstract).
- Bassil BS, and Kaffka SR. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agricultural Water Management, 54: 81-92.
- Blunden G, Jenkins T and Liu YW. 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Physiology, 8: 535-543.
- Bortolheiro FPAP and Silva MA. 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. Annals of the Brazilian Academy of Science, 89: 3051-3066. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170475>
- Del Poso A, Perez P, Gutierrez D, Alonso A, Morcuende R and Martinez-Carrasco R. 2007. Gas exchange acclimation to elevated CO₂ in upper-sunlit and lower-shaded canopy leaves in relation to nitrogen acquisition and partitioning in wheat grown in field chambers. Environmental and Experimental Botany, 53: 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.04.009>
- Farajnia A. 2019. Land suitability evaluation for field and orchard crops in East Azarbaijan province. Final report of the research project. No. 57199. Date: 14 Mar. 2019. Water and Soil Research Institute. Karaj.157p. (In Persian with English Abstract).
- Haghshenas R, Sharafi S and Gholinezhad E. 2021. Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. Agriculture Science and Sustainable Production Journal, 20(2): 91-109. Doi20.1001.1.24764310.1399.30.2.6.9
- Hosseinpour A, Mohammad Akhond-Ali A, Sharifi MR and Kalantari Oskouei A. 2022. Investigating the causes of rivers discharge reduction to Lake Urmia (Case study: rivers of the south and west of Lake Urmia). Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 46(2): 52-70. (In Persian with English Abstract). doi 10.22125/iwe.2021.142024
- Hosseinizad J, Kazemiyeh F, Javadi A and Ghafouri H. 2012. Agricultural water management basis and mechanisms in Tabriz plain. Water and Soil Journal, 22(2): 85-98. (In Persian with English Abstract).
- Jacomassi LM, Oliveira Viveiros J, De O, Oliveira MP, Momesso L, Siqueira GF and Crusciol CAC. 2022. A seaweed extract-based bio-stimulant mitigate drought stress in sugarcane. Frontiers in Plant Science, 13: 865291. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.865291>
- Joshi-Paneri J, Chamberland G and Donnelly D. 2020. Effects of *Chelidonium majus* and *Ascophyllum nodosum* extracts on growth and photosynthesis of soybean, Acta Agro-botany, 73: 1 -6.

- Koutroubas SD, Papakosta DK and Doitsinis A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. *Field Crops Research*, 90: 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.03.009>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9660-9>
- Latique S, Mohamed Aymen E, Halima C, Chérif H and Mimoun EK. 2017. Alleviation of salt stress in durum wheat (*Triticum durum* L.) seedlings through the application of liquid seaweed extracts of *Fucus spiralis*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(21): 2582-2593. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1416136>
- Mirnezami-Ziabari SH and Sanei-Shariatpanah M. 1994. Usual methods in fats and oils analysis. Mashhad Astaneh Gods, 274p. (In Persian with English Abstract).
- Mohamadpour G, Farzaneh S, Khomari S, Sayyed-Sharifi R and Esmailpour B. 2022. Effect of humic-acid and seaweed extract on growth and yield of quinoa under drought stress, *Journal of Crops Improvement*, 24(3): 869-885. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2021.312419.2469>
- Omidi Tabrizi AH. 2006. Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different environmental conditions. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 8: 141-151. <http://hdl.handle.net/123456789/4167>
- Pasban Eslam B. 2015. Effects of row spacing and seeding rate on seed yield and its components in safflower Padideh cv. in Tabriz region. *Seed and Plant Improvement Journal*, 30 (2): 223-236. (In Persian with English Abstract). URL: http://sppj.spil.ir/browse.php?a_id=446&sid=1&slc_lang=en
- Pasban Eslam B. 2012. Effect of drought stress on seed and oil yields of safflower fall genotypes. *Iranian Agronomy Science Journal*, 42: 275-283. (In Persian with English Abstract).
- Pasban Eslam B. 2004. Evaluation yield and yield components in new spineless safflower genotypes. *Iranian Agriculture Science Journal*, 35: 869-874. (In Persian with English Abstract).
- Rathore SS, Chaudhary DR, Boricha GN, Ghosh A, Bhatt BP, Zodape ST, and Patolia JS. 2009. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rain-fed conditions. *South African Journal of Botany*, 75(2): 351-355. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009>
- Rayorath P, Khan W, Palanisamy R, Mackinnon SL, Stefanova R, Hankins SD, Critchley AT and Prithiviraj B. 2008. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA3)-independent amylase activity in barley. *Journal of Plant Growth Regulators*, 32: 123-128.
- Roth G and Goyne P. 2004. Measuring plant water status. Section 3: Irrigation management of cotton 164 pp.
- Safavi SM, Pourdad SS and Safavi SA. 2013. Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under non stress and drought stress conditions. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(9): 1086-1093.
- Shahriari AG, Mohkami A, Niazi A, Parizipour MHG and Habibi-Pirkoohi M. 2021. Application of brown alga (*Sargassum angustifolium* L.) extract for improvement of drought tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Biotechnology*, 19(1): 22-29. (In Persian with English Abstract). doi: 10.30498/IJB.2021.2775
- Sibi M, Nezami A and Khazaie, HR. 2016. The effect of concentration, time and applying instruction of seaweed extract on some morphological characteristics of root and shoot of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(29): 5-21.
- Stirk WA, Rengasamy KRR, Kulkarni MG and Van Staden J. 2020. Plant bio-stimulant by seaweed: An overview. *the Chemical Biology of Plant Bio-stimulant*, 18: 33-55.

- Tian F, Wang W, Liang C, Wang X, Wang G and Wang W. 2017. Over-accumulation of glycine betaine makes the function of the thylakoid membrane better in wheat under salt stress. The Crop Journal, 5: 73–82. Doi: 10.1016/j.cj.2016.05.008
- Yaghobnezhad A, talebi R and Pasari B. 2023. The effect of foliar application yeast and seaweed extract on the yield and quality of safflower seed (*carthamus tinctorius* L.) under drought stress condition. Iranian Journal of Plant and Biotechnology, 18(1): 47-58. (In Persian with English Abstract).
- Zodape ST, Gupta A, Bhandari SC, Rawat US, Chaudhary DR, Eswaran K and Chikara J. 2011. Foliar application of seaweed sap as bio-stimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). Journal of Scientific and Industrial Research, 70: 215-219.