تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4034.1957

مقاله پژوهشی

تأثیر دو نوع جلبک بر خصوصیات رشدی گیاه گندم و ریحان در شرایط تنش شوری

محمدحسن سیاری‌زهان[1*]، محمدحسین صیادی‌اناری[2]، غلامرضا زمانی[3]، سهراب محمودی[3]، فرزانه گلستانی‌فر[4]

۱. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۲ .دانشیار گروه محیط‌زیست دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند
۳ .دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۴ .دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش محیطی
جلبک اسپرولینا
جلبک کلرولا
شبیه‌سازی آب دریا

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۰۳

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۱

۱۵(۳): ۷۳۱-۷۴۰

چکیده

امروزه در بسیاری از نقاط جهان، شوری ازجمله عوامل تنش‌زای محیطی بوده و به‌عنوان یک خطر جدی برای رشد گیاهان و تولید محصول است. هدف از این آزمایش بررسی اثر شوری و نوع جلبک بر رشد و عملکرد گندم و ریحان است. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در دو بخش آزمایشگاهی (در قالب طرح کاملاً تصادفی) و گلخانه‌ای (در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی)، با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در پردیس امیرآباد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. عامل اول، شوری با چهار سطح (۱۲۵۰، ۲۵۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در بخش آزمایشگاهی و ۱/۲۵، ۲/۵، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در بخش گلخانه‌ای) و عامل دوم کاربرد جلبک با ۳ سطح ریزجلبک سبز-آبی *Spirulina platensis* (مخصوص آب‌شور)، جلبک تک‌سلولی کلرولا (*Chlorella vulgaris*) (مخصوص آب شیرین) و شاهد عدم کاربرد جلبک بود. در بررسی نوع جلبک بر صفات مورد ارزیابی شامل وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه دو گیاه در بخش آزمایشگاهی و همچنین ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و نشت الکترولیت دو گیاه در بخش گلخانه‌ای، می‌توان بیان کرد که در بخش آزمایشگاهی کاربرد جلبک کلرولا، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم را به ترتیب، ۳۶/۶۷ درصد و ۱۸/۳۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و کاربرد جلبک کلرولا ۴۲/۸۶ درصد و ۵۹/۲۶ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان و جلبک اسپرولینا به ترتیب، ۶۴/۲۹ درصد و ۲۸/۱۵ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد جلبک) کاهش دادند. در نتایج بخش گلخانه‌ای تنها صفت وزن خشک بوته ریحان تحت تأثیر نوع جلبک قرار گرفت. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که نوع جلبک تأثیر متفاوتی در دو نوع گیاه موردبررسی داشت؛ به‌نحوی‌که در گیاه گندم، جلبک کلرولا تأثیر بیشتری بر صفات داشت امّا در گیاه ریحان، کاربرد جلبک تأثیری بر شاخص‌های موردمطالعه نداشت.

مقدمه

تنش شوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طریق القای تنش اسمزی، آسیب‌های اکسیداتیو و سمیت یونی باعث آسیب به گیاه می‌شود (Siringam et al., 2011). شوری همچنین، مانع فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی رشد و نموی ازجمله جوانه‌زنی، رشد دانهال، رشد رویشی، گلدهی و تشکیل بذر می‌گردد (Bani-Asadi et al., 2015).

گندم، در بین گیاهان زراعی با داشتن بیشترین سطح زیر کشت و تولید، مهم‌ترین تأمین‌کننده نیاز غذایی جهان محسوب می‌شود و با توجه به اینکه حدود ۲۰ درصد زمین-های کشاورزی و ۵۰ درصد گندم‌زارهای جهان در معرض تنش شوری هستند (Flowers and Yeo, 1995). افزایش مقاومت بیشتر به شوری در این گیاه دارای اهمیت است.

از طرفی، گیاهان دارویی از منابع بالقوه عظیم الهی هستند که با برنامه‌ریزی صحیح می‌توانند در مواردی درمانی،

* نگارنده پاسخگو: محمد حسن سیاری‌زهان. پست الکترونیک: msayari@birjand.ac.ir

دارویی، منابع غذایی، آرایشی و بهداشتی و علی‌الخصوص در مورد اقتصاد بدون نفت جایگاه ویژه‌ای داشته باشند (Aeineh Chi, 1991). ریحان (Ocimum *basilism*) به‌عنوان یکی از گیاهان دارویی مهم، گیاهی است علفی، یک‌ساله (Omid Beygi, 2011) و علاوه بر اینکه از اسانس آن استفاده می‌شود به‌عنوان ادویه و سبزی تازه نیز استفاده دارد (Hasani and Beygi, 2002). ریحان به‌عنوان یک گیاه میانه در تحمل به شوری رده بندی شده است (Herrera, 2005). در رابطه با واکنش این گیاه به شوری مطالعات چندانی انجام نشده است.

اگرچه اصلاح خاک از طریق آبیاری و زهکشی برای مقابله با شوری خاک بکار برده می‌شوند، این روش‌ها معمولاً مقرون‌به‌صرفه یا عملی نبوده و راهکارهای دیگری بایستی توسعه‌یافته و بکار برده شوند (Khammari et al., 2007). به دلیل پیچیده بودن سیستم‌های گیاهی، امروزه استفاده از جلبک‌های سبز تک‌سلولی، با قدرت تکثیر بالا موردتوجه محققان بوده و می‌تواند جهت بررسی و درک بهتر و سریع‌تر نتایج مؤثر باشد (Glenn et al., 1999; Madadkar, 2011). این جلبک فاقد دیواره سلولی بوده، مقاوم به شوری است و می‌تواند در محیط با غلظت ۰/۱۷ تا ۵ مولار نمک (NaCl) و حتی تا شوری (EC) برابر ۴۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر زندگی کند. از ویژگی‌های دیگر این‌گونه می‌توان به تولید مقادیر بالایی از کاروتن‌ها خصوصاً بتاکاروتن در شرایط نامساعد اشاره نمود که ازلحاظ بیوتکنولوژی بسیار حائز اهمیت است (Ramakrishna et al., 2011). ریزجلبک‌ها از منابع غنی کاروتنوئیدی هستند که از این گروه می‌توان به کلرولا (*Chlorella vulgaris*)، اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) و هماتوکوکوس (*Haematococcus pluvialis*) اشاره کرد (Gupta et al., 2006).

تأثیر مصرف جلبک‌های دریایی در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است. محققین مختلفی به این نتیجه رسیده‌اند که کاربرد جلبک به‌عنوان کود فقط به دلیل وجود نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در آن نیست، بلکه به خاطر حضور مواد و متابولیت‌های متفاوت ازجمله ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و هورمون‌های طبیعی نیز هست. به‌بیان‌دیگر عصاره جلبک دریایی به دلیل داشتن هورمون‌های گیاهی ازجمله سیتوکنین، اتیلن و جیبرلین و عناصر غذایی ازجمله آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها، تأثیرات مفید بسیاری روی گیاهان دارند (Ross and Holden, 2012). کاربرد جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و تنش گرمایی می‌شود. کاربرد چنین تنظیم‌کننده‌های رشدی که از مواد طبیعی مشتق شده‌اند، خطرات زیست‌محیطی نداشته و در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تولید محصولات سالم نقش به سزایی دارند (Mc Hugh, 2003).

با توجه به افزایش تخریب اراضی در اثر شور شدن، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، هدف از انجام این پژوهش تأثیر دو نوع جلبک بر کاهش تنش شوری در رشد و عملکرد گیاه گندم و ریحان بود؛ بنابراین در این مطالعه سعی شد تا واکنش این دو گیاه به نوع جلبک در شرایط تنش شوری مورد مقایسه قرار گیرد و تأثیر جلبک‌ها در تخفیف اثرات تنش شوری در این گیاهان بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (در بخش آزمایشگاهی) و طرح بلوک‌های کامل تصادفی (در بخش گلخانه‌ای) با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در پردیس امیرآباد در سال ۱۳۹۴ بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum*) انجام شد. عامل اول شوری با ۴ سطح (۱۲۵۰، ۲۵۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در بخش آزمایشگاهی و ۱/۲۵، ۲/۵، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در بخش گلخانه‌ای) و عامل دوم کاربرد جلبک با ۳ سطح (ریزجلبک سبز-آبی *Spirulina platensis* (مخصوص آب‌شور)، جلبک تک‌سلولی *Chlorella vulgaris* (مخصوص آب شیرین) و شاهد بدون جلبک) بود.

جهت انجام این مطالعه، از نمونه جلبک رشد داده‌شده در محیط کشت Zarrok's medium (برای ریزجلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) و محیط کشت Bold's Basal Medium (برای ریزجلبک کلرولا (*Chlorella vulgaris*)، استفاده شد (Shaebani et al., 2016). جهت آماده‌سازی سطوح شوری، ابتدا محلول استوک آب دریا شبیه‌سازی شد (Culkin, 1965) و جهت به دست آوردن غلظت‌های موردنظر، رقیق‌سازی انجام شد.

ابتدا جلبک‌ها به‌طور جداگانه در تیمارهای شوری آب که در بالا مشخص‌شده در آکواریوم‌هایی با ابعاد ۵۰×۵۰

سانتی‌متر در محیط آزمایشگاه رشد و تکثیر داده شدند. جهت رشد و تکثیر جلبک‌ها درون آکواریوم‌ها، از پمپ‌های هوا جهت هوادهی و محلول غذایی که همان محیط کشت جلبک است (Shaebani et al., 2016؛ به نقل از مورایس و کستا (Morais and Costa, 2007))، استفاده شد و برای هر دو فاز مورداستفاده قرار گرفتند.

اجرای آزمایش در بخش آزمایشگاهی

جهت انجام بخش آزمایشگاهی حدود ۵ سی‌سی از محلول حاصل از انواع شوری و جلبک، در پتری دیش‌هایی با قطر ۹ و ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر ریخته شد. بذور گندم و ریحان قبل از کاشت با محلول هیپوکلریت سدیم (۱۰ درصد) به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. در هر پتری دیش ۲۵ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار گرفت و به ژرمیناتورهای تنظیم‌شده با دمای ۲۵ درجه روز و ۱۵ درجه شب و فتوپریود ۱۲ ساعت روز و ۱۲ ساعت شب منتقل شد. در پایان روز چهاردهم، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

اجرای آزمایش در بخش گلخانه‌ای

در بخش گلخانه‌ای ابتدا خاک از عمق صفر تا سی سانتی متری از محل روستای بیدخت بیرجند تهیه گردید که سعی شد خاک بکر تهیه شود و سپس به آزمایشگاه منتقل، هوا خشک و از الک سه تا چهار میلی‌متری عبور داده شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن آنالیز گردید (Soil Science Society of America, 1986). برای کشت و کار از گلدان‌های ۳ کیلوگرمی خاک استفاده شد.

عناصر غذایی لازم بر اساس نیاز کودی گیاه محاسبه و هم‌زمان با کاشت به خاک گلدان‌ها اضافه شد. بذور با دو برابر تراکم موردنیاز کشت شدند آبیاری گلدان‌ها پس از کشت با توزین روزانه و با استفاده از آب آبیاری با سطوح مختلف شوری و دو نوع جلبک انجام شد.

پس از گذشت ۲ ماه، ارتفاع بوته به کمک خط‌کش میلی متری اندازه‌گیری شد. وزن خشک بوته گندم و ریحان به کمک ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نشت الکترولیت (Masoumi et al., 2012) اندازه‌گیری شد و درنهایت درصد نشت الکترولیت به کمک معادله (۱) محاسبه شد (Heydari et al., 2017).

$$EC\%=(EC1/EC2)*100 \qquad [۱]$$

برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS Ver.9.2 و رسم نمودارها از Excel نسخه ۲۰۱۳ و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD محافظت‌شده با سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم و ریحان در شرایط آزمایشگاهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف تنش شوری و نوع جلبک بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم و ریحان اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ولی اثر متقابل آن‌ها ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

وزن خشک تحت تأثیر نوع جلبک قرار گرفت به‌نحوی‌که کاربرد جلبک سبب افزایش معنی‌دار در وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گندم گردید. بیشترین وزن خشک در کاربرد جلبک کلرولا (به ترتیب ۰/۰۱۲۵ و ۰/۰۰۰۸ گرم در بوته در ساقه‌چه و ریشه‌چه) به دست آمد (شکل ۲-A و ۱-A). گیرش و همکاران (Gireesh et al., 2011) با مطالعه اثر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک سبز *Ulva lactuca* بر روی لوبیا گزارش نمودند که غلظت ۱۰ درصد از عصاره جلبک سبز، موجب افزایش قابل‌توجهی در وزن خشک گیاهچه گردید. در پژوهشی بر گیاه برنج، استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب افزایش ۲۹/۷۷ درصدی وزن ریشه شد (Sunarpi et al., 2010). با توجه به این‌که ریشه‌ها به منبع رطوبت و مواد غذایی نزدیک‌تر هستند درنتیجه سریع‌تر آن‌ها را جذب نموده و به اندام‌های هوایی گیاه انتقال می‌دهند که با افزایش غلظت مصرف عصاره‌ی جلبک دریایی نیز این امر اتفاق افتاده و متقابلاً اندام‌های هوایی نیز مواد فتوسنتزی ساخته‌شده در برگ‌ها را که افزایش یافته است به ریشه‌ها انتقال می‌دهند و همین موضوع باعث افزایش وزن خشک ریشه‌ها می‌شود (Sibi et al., 2016)؛ اما جلبک سبب کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ریحان گردید به‌نحوی‌که کاربرد جلبک کلرولا و اسپرولینا به ترتیب ۴۲/۸۶ و ۶۴/۲۹ درصد وزن خشک ریشه‌چه و ۵۹/۲۶ و ۲۸/۱۵ درصد وزن خشک ساقه‌چه ریحان را کاهش دادند (شکل ۱-B و ۲-B).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گندم و ریحان در بخش آزمایشگاهی

Table 1. Results of ANOVA for evaluated traits of wheat and basil in the laboratory part

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی Df	ریحان Basil		گندم Wheat	
		وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight
شوری Salinity levels (S)	3	3.65 E-8*	3.2 E-7**	3.8E-6**	1.8 E-5**
نوع جلبک Type of algae (T)	2	1 E-7 **	4.9 E-7**	1.6 E-5**	1.1 E-5**
شوری× نوع جلبک S × T	6	3.8 E-9ns	2.5 E-8 ns	7 E-7 ns	1.2 E-6 ns
خطا Error	24	8.1 E-9	2.6 E-8	7.2 E-7	2 E-6
C.V %	-	*49.27*	*13.51*	*11.77*	*12.09*

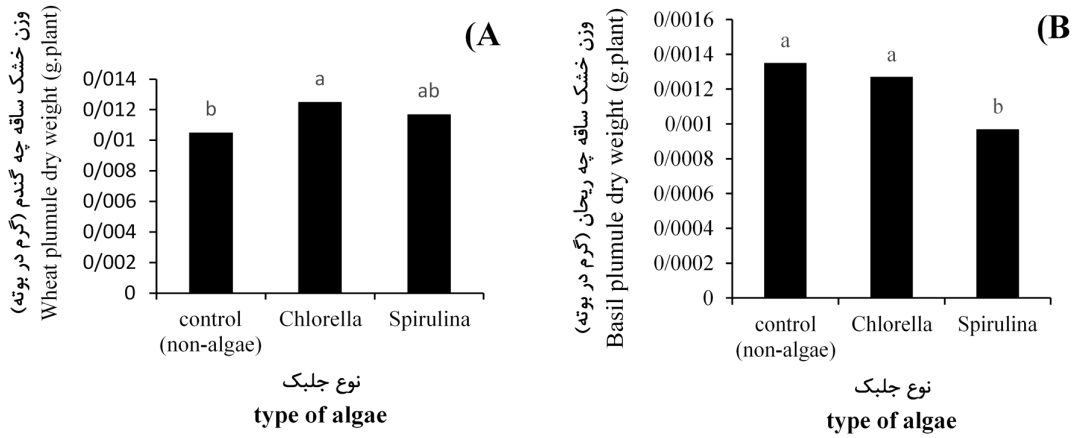
ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشد.

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% level and significant at 5% level, respectively

یکی از دلایل کاهش طول، وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تجزیه آهسته‌تر مواد آندوسپرم و کاهش یا عدم انتقال مواد غذائی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر شده است (Yazdani Biooki et al., 2010).

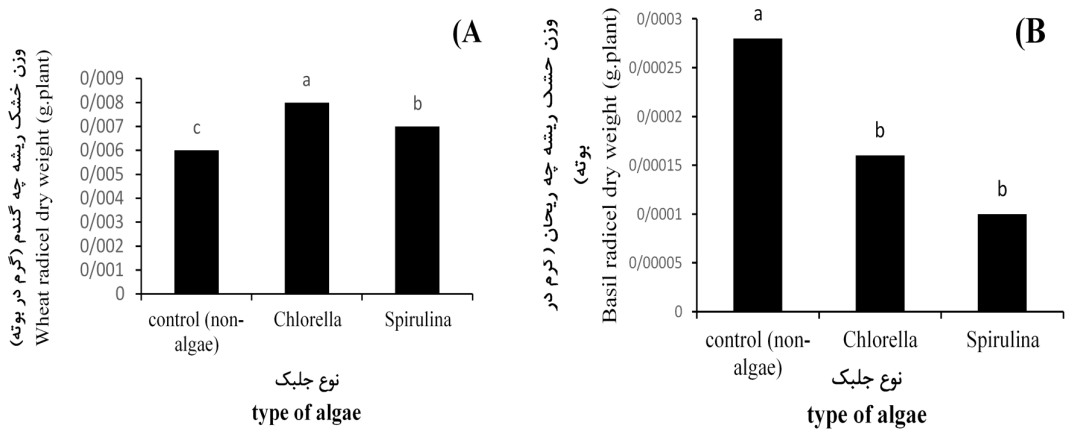
ارتفاع بوته گندم و ریحان در شرایط گلخانه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع جلبک (P<۰/۰۵) و سطوح مختلف شوری آب (P>۰/۰۱) تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گندم و تنها سطوح مختلف شوری (P>۰/۰۱) بر ارتفاع ریحان معنی‌دار بود اما اثر متقابل آن‌ها بر صفت مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کاربرد جلبک سبب افزایش ارتفاع گندم شد به‌نحوی‌که کاربرد جلبک کلرولا ۹/۳۴ درصد و کاربرد جلبک اسپرولینا ۶/۵۶ درصد ارتفاع گندم را افزایش دادند (شکل ۳). ترکیبات هورمونی و مواد تنظیم‌کننده رشد مانند جیبرلین، اکسین‌ها و سیتوکنین ها در عصاره جلبک دریایی وجود دارد و در طویل‌شدن سلولی مؤثر است (Chapman et al., 1980).



شکل ۱. اثر ساده نوع جلبک بر وزن خشک ریشه‌چه گندم (A) و ریحان (B)

Fig. 1. Simple effect of algae type on radicle dry weight of wheat (A) and basil (B)



شکل ۲. اثر ساده نوع جلبک بر وزن خشک ساقه‌چه گندم (A) و ریحان (B)

Fig. 2. Simple effect of algae type on plumule dry weight of wheat (A) and basil (B)

جیبرلین کشش‌پذیری دیواره سلولی را افزایش داده و با تغلیظ شیره سلولی، از طریق هیدرولیز نشاسته به قند، سبب کاهش پتانسیل آب در سلول گیاهی شده و موجب ورود آب بیشتر به داخل سلول و طویل شدن آن می‌گردد (Meamar-moshrefi, 1997). در نتایجی مشابه، حیدری و همکاران (Heydari et al., 2017) بیان نمودند که افزایش مصرف عصاره جلبک دریایی باعث افزایش ارتفاع همیشه‌بهار گردید و بالاترین آن در سطح ۳ درصد جلبک دریایی (۱۸/۶۸ سانتی متر) بود. ازجمله مکانیسم‌های جلبک‌ها برای مقابله با شوری احتمالاً به دلیل تولید و ترشح موادی باشد که می‌تواند باعث تعدیل شوری بشود که اطلاعات جزئی و کامل‌تر آن هنوز ناشناخته هست و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد (Hadi et al., 2008).

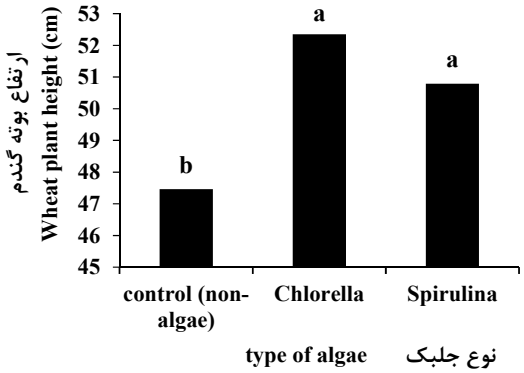
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گندم و ریحان در بخش گلخانه‌ای

Table 2. Results of ANOVAof evaluated traits of wheat and basil in the greenhouse part

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی Df	ریحان Basil			گندم Wheat		
		ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک بوته Plant dry weight	نشت الکترولیت Electrolyt e leakage	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک بوته Plant dry weight	نشت الکترولیت Electrolyte leakage
بلوک Block	2	15.52 ns	0.001 ns	20.18 ns	5.66 ns	0.023 ns	22.58 ns
سطوح شوری Salinity levels (S)	3	888.5**	0.160**	7945.48**	1212.6**	0.976**	847.75 **
نوع جلبک Type of algae(T)	2	4.76 ns	0.062**	369.12 ns	74.84 *	0.094**	486.48 *
شوری× نوع جلبک S × T	6	4.72 ns	0.009 ns	406.70*	18.83 ns	0.047 **	1304.93 **
خطا Error	22	5.63	0.005	133.58	13.89	0.011	100.15
ضریب تغییرات C.V%	-	*16.72*	*37.02*	*29.01*	*7.42*	*11.57*	*30.55*

ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشد.

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% level and significant at 5% level, respectively



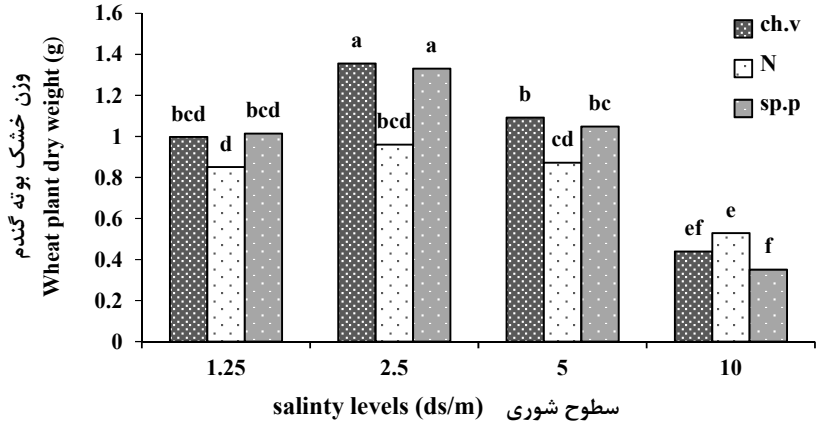
شکل ۳. اثر ساده نوع جلبک بر ارتفاع بوته گندم

Fig. 3. Simple effect of algae type on wheat plant height

وزن خشک تک بوته گندم و ریحان در بخش گلخانه‌ای

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل نوع جلبک و سطوح شوری ($P>0/01$) در گیاه گندم و اثر ساده نوع جلبک و سطوح شوری ($P>0/01$) بر وزن خشک ریحان معنی‌دار گردید (جدول ۲). با توجه به اثر متقابل تیمارها در گندم، در سطوح شوری ۱/۲۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری در نوع جلبک مشاهده نشد. در زمان کاربرد جلبک کلرولا و اسپرولینا در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن خشک بوته مشاهده شد و همچنین شیب افزایش وزن خشک در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از سایر تیمارهای شوری بود. در تیمار شوری ۱۰ دسی-زیمنس بر متر، کاربرد جلبک کلرولا ۱۷/۳۰ درصد و جلبک اسپرولینا ۳۲/۶۹ درصد سبب کاهش وزن خشک نسبت به شاهد گردیدند (شکل ۴).

در صفت وزن خشک ریحان کارایی جلبک کلرولا بسیار پایین بود به‌نحوی‌که سبب کاهش ۵۳/۷۵ درصدی وزن خشک نسبت به شاهد بدون کاربرد جلبک گردید و مصرف جلبک اسپرولینا تنها ۴/۱۷ درصد کاهش در وزن خشک نسبت به شاهد را نشان داد که نشان‌دهنده عدم کارایی جلبک در افزایش وزن ریحان است (شکل ۵). با افزایش سطح شوری، فتوسنتز کاهش می‌یابد که می‌تواند نتیجه‌ای از هدایت روزنه-ای کمتر، حذف مراحل متابولیکی خاص در جذب کربن، ممانعت ظرفیت فتوسنتزی، عدم شکل‌گیری کامل و صحیح کلروپلاست، عدم ثبات کمپلکس‌های پروتئینی رنگ‌دانه‌ای، به هم ریختن ساختمان کلروفیل و تغییراتی در تعداد و ترکیب کاروتنوئیدها باشد و در نتیجه کاهش وزن خشک مورد انتظار است (Ashraf and McNeielly, 2004).

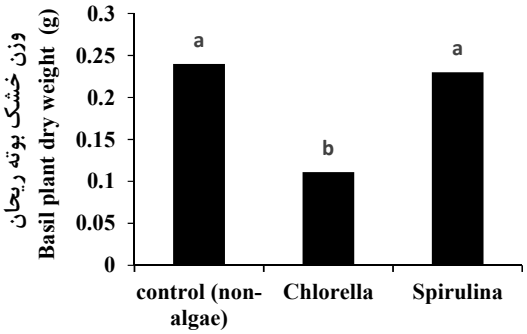


شکل ۴.اثر متقابل سطوح مختلف شوری آب و کاربرد جلبک بر وزن خشک بوته گندم

Fig. 4. Interaction of different levels of water salinity and algae application on shoot dry weight of wheat

محصولاتی که از عصاره جلبک دریایی به دست می‌آیند باعث افزایش تحمل گیاهان به استرس و تنش‌های ناشی از عوامل محیطی (خشکی، شوری و افزایش دما) و فیزیولوژیکی می‌شوند (Kingman and Moore, 1982). اثرات ضد استرسی مواد ارگانیک که از جلبک‌های دریایی مشتق می-شوند به فعالیت سیتوکنین مربوط می‌باشند. سیتوکنین با تشکیل زانتین، آدنین و پورین رادیکال‌های آزاد را که منجر به استرس می‌شوند را به‌طور مستقیم مهار می‌کند

(Ludwig-Muller, 2000). یکی از واکنش‌های معمول در سلول‌های گیاهی که درنتیجه افزایش تجمع مولکول‌های آلی در سیتوپلاسم روی می‌دهد تنظیم فشار اسمزی است که به‌منظور موازنه تعدیل فشار اسمزی انجام می‌گیرد. گلایسین بتائین و مانیتول و برخی دیگر از قندها از موادی می‌باشند که باعث ایجاد تعادل اسمزی سلول‌های گیاهی می‌شوند (Shokohi Far, 2016). مطالعات انجام‌شده توسط موکش و همکاران (Mukesh et al, 2013) بر روی گندم نشان داد که افشانه برگی جلبک دریایی Gracilaria edulis و Kappaphycus alvarezii موجب افزایش عملکرد شد.



شکل ۵. اثر ساده نوع جلبک بر وزن خشک بوته ریحان

Fig. 5. Simple effect of algae type on shoot dry weight of Basil.

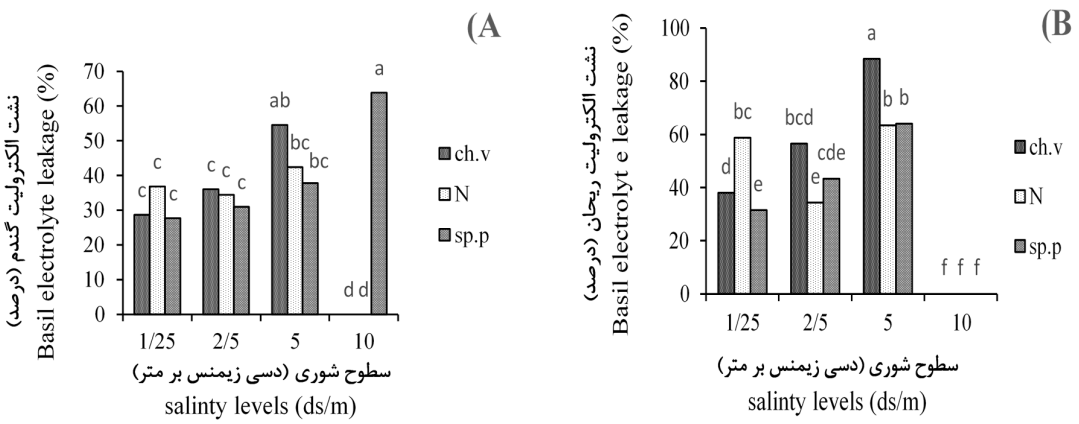
نشت الکترولیت گندم و ریحان در بخش گلخانه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل نوع جلبک در تنش شوری بر نشت الکترولیت گیاه گندم و ریحان تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

با توجه به نتایج اثر متقابل تیمارها در گیاه گندم، بالاترین میزان نشت الکترولیت در تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و در زمان کاربرد جلبک اسپرولینا (در حدود ۶۳ درصد) مشاهده شد. در سطوح ۱/۲۵، ۲/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری بین سطوح نوع جلبک نبود (شکل ۶-A).

نتایج اثر متقابل در ریحان نیز نشان داد که در هر دو نوع جلبک کلرولا و اسپرولینا، با افزایش شوری میزان نشت افزایش می‌یابد اما شیب افزایش در زمان کاربرد جلبک کلرولا بیشتر است. در سطح شوری ۱/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر، بالاترین میزان نشت در تیمار شاهد مشاهده شد اما در سطوح ۲/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر جلبک کلرولا دارای بیشترین میزان نشت الکترولیت بود (شکل ۶-B).

سیرام و همکاران (Sairam et al, 2002) در گندم به نتایج مشابهی دست یافتند. افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه‌ای از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها است که احتمالاً نتیجه تنش اکسیداتیو منتج از شوری است (Besma and Denden, 2012). افزایش نشت الکترولیتی درنتیجه افزایش سطوح شوری در اسفناج (Kaya et al, 2001) و کلزا (Rezaei et al, 2006) گزارش شده است.



شکل ۶. اثر متقابل سطوح مختلف شوری آب و کاربرد جلبک بر نشت الکترولیت گندم (A) و ریحان (B)

Fig. 6. Interaction of different levels of water salinity and algae application on wheat electrolyte leakage (A) and Basil (B)

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج می‌توان دریافت که نوع جلبک تأثیر متفاوتی در خصوصیات رشدی دو نوع گیاه موردبررسی داشت به‌نحوی‌که در گیاه گندم، جلبک کلرولا سبب افزایش وزن خشک ریشه‌چه (۳۶/۶۷ درصد)، ساقه‌چه (۱۸/۳۸ درصد) و ارتفاع بوته (۹/۳۴ درصد) گردید و در گیاه ریحان، استفاده از جلبک تأثیری بر صفات نداشت. لذا با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد که استفاده از جلبک کلرولا در گیاه گندم می‌تواند موجب تعدیل اثرات تنش شوری در این گیاه گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغ ۳۸۷۹ /د/ ۱۳۹۴ مورخ ۴ / ۳ / ۱۳۹۴ و با استفاده از اعتبارات دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع

Aeineh Chi, D.Y., 1991. Pharmacognosy and Medicinal Plants of Iran. second edition, University of Tehran Press, 1195. [In Persian].

Ashraf, M., McNeielly, T., 1988. Variability in salt tolerance of nine spring wheat cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science. 160, 14-21.

Bani-asadi, F., Saffari, V., Maghsoudi-mood, A., 2015. The effect of putresin on some physiologic and morphologic characteristics of pot marigold plant (*alendula officinalis* L.) under salt stress. Environmental Stresses on Crop Science. 8, 73-82. [In Persian with English Summary].

Besma, B.D., Denden, M., 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. American Journal of Plant Physiology. 7, 174-183.

Chapman, V.J., Chapman, D.J., 1980. Seaweeds and Their Uses. Chapman and Hall. 331p.

Culkin, F., 1965. The major constituents of seawater. In: Riley, J.P., Skirrow, G. (eds.), Chemical Oceanography, 1st Ed., 121-161. Academic Press.

Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?. Australian Journal of Plant Physiology. 22, 875-884.

Gireesh, R., Haridevi, C., Salikutty, J., 2011. Effect of Ulva lactuca extract on growth and proximate composition of Vigna unguiculata l. Walp. Journal of Research in Biology. 1, 624-630.

Glenn, E.P., Brown, J.J., Blumwald, E., 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. Critical Reviews Plant Scientist. 18, 227–255.

Gupta, S.K., Jha, A.K., Pal, A.K., Venkateshwarlu, G., 2006. Use of natural carotenoids for pigmentation in fish. Natural Product Radiance. 6, 46-49.

Hadi, MR., Shariati, M., Afsharzadeh, S., 2008. Microalgal biotechnology: carotenoid and glycerol production by the green algae Dunaliella isolated from the Gave-Khooni salt marsh, Iran. Biotechnology and Bioprocess Engineering. 13, 540-544.

Hasani, A., Omid Beygi, R., 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolical characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science. 12, 47-59. [In Persian with English Summary].

Herrera, E., 2005. Soil test interpretation: Guide A-122. New Mexico State University, http://aces.nmsu.edu/pubs/a/a-122.html.

Heydari, M., Daneshian Moghaddam, A.M., Nourafcan, H., 2017. Effect of vermicompost and liquid seaweed fertilizer on morpho-physiological properties of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology. 4, 891-906. [In Persian with English Summary].

Kaya, C., Higges, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgican. Journal of Plant Physiology. 27, 47-59.

Khammari, I., Sarani, Sh.A., Dahmardeh, M., 2007. The effect of salinity on seed germination and growth in six medicinal plants. Iranian

Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23, 331-339. [In Persian with English Summary].

Kingman, A.R., Moore, J., 1982. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substance in Ascophyllum nodosum (Phaeophyceae). Butanica Marin. 25, 149-153.

Ludwig-Muller, J., 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regulation. 2, 219-230.

Mc Hugh, D.J., 2003. A Guide to the Seaweed Industry. FAO Publication, 118p.

Madadkar Haghjou, M., 2011. Induction of paraquat tolerance in Dunaliella by using some pre-treatments. Journal of Plant Biology. 3, 71-86.

Masoumi, A., Kafi, M., Nabati, J., Khazaei, H.R., Davari, K., Zare Mehrgerdi, M., 2012. Effect of Drought Stress on Leaf Water Status, Electrolyte Leakage, Photosynthesis Parameters and Chlorophyll Fluorescence of Two Kochia Ecotypes (*Kochia scoparia*) Irrigated With Saline Water.Iranian Journal of Field Crops Research.10, 476-484. [In Persian with English Summary].

Meamar-moshrefi, M., 1997. Effects of plant growth regulators and environmental condition on growth development, propagation of bulb, and senescence of flower of fritillaria (*Fritillaria imperialis* L.). A thesis of Ph.D in Horticulture. Tarbiat Modares University. Tehran, Iran.. [In Persian].

Morais, M.G., Costa, J.A.V., 2007. Biofixation of carbon dioxide by Spirulina sp. and Scenedesmus obliquus cultivated in a three-stage serial tubular photobior- eactor. Journal of Biotechnology. 129, 439–45.

Mukesh, T.S., Sudhakar, T.Z., Doongar, R.C., Karuppanan, E., Jitendra, C., 2013. Seaweed sap as alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. Journal of Plant Nutrition. 36, 192-200.

Omid Beygi, R., 2011. Production and Processing of Medicinal Plants. Volume III, Sixth edition, Astan Quds Razavi Publications, Mashhad, Iran. 397p. [In Persian].

Ramakrishna, A., Dayananda, C., Giridhar, P., Rajacekaran, T., 2011. Photoperiod influences endogenous indoleamines in cultured green alga Dunaliella bardawil. Indian Journal of Experimental Biology. 49, 234-240.

Rezaei, H., Khosh, S.K., Malakouti, M.J., Pessarakli, M., 2006. Salt tolerance of canola in relation to accumulation and xylem transportation of cations. Journal of Plant Nutrition. 29, 1903-1917.

Ross, R.E., Holden, D., 2012. A Commercial Extract of the Brown Seaweed Ascophyllum nodosumSuppresses Avocado Thrips and Persea Mites in Field-Grown Hass Avocados, A Practical Field Perspective. California Avocado Society; Yearbook. 95, 139-147.

Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163, 1037–1046.

Shaebani, M., Saiiadi, M.H., Rezaee, M.R., 2016. Feasibility study of carbon sequestration capacity of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* in saline waters.. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. [In Persian].

Shokohi Far, Y., 2016. Application of algae in sustainable agriculture. 2nd International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. 23-25 February, 1-8. [In Persian].

Sibi, M., Nezami, A., Khazaie, H., 2016. The effect of concentration, time and applying instruction of seaweed extract on some morphological characteristics of rooextract on some morphological characteristics of root and shoots of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Crop Physiology Journal. 8, 5-21. [In Persian with English Summary].

Siringam, K., Juntawang, N., Cha-Um, S., Boriboonkaset, T., Kirdmaner. C., 2011. Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under isoosmotic conditions. African Journal of Biotechnology. 10, 1340-1346.

Soil Science Society of America, 1986. Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods. (USDA method). Soil Science Society of America, South Segoe Road. Madison. WI 53711 USA.

Sunarpi Jupri, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N.I., Nikmatullah, A., 2010. Effect of seaweed

extracts on growth and yield of rice plants. Nusantara Bioscience. 2, 73-77.

Yazdani Biooki, R., Rezvani Moghaddam, P., Kouchaki, A.R., Amiri, M., Falahi, J., Deyhim Fard, R., 2010. Effects of seed nourished by different levels of nitrogen, biofertilizers and drought stress on germination indices and seedling growth of wheat (*Tritium aestivum*) cv. sayonz. Journal of Agroecology. 2, 266-276. [In Persian with English Summary].