واکنش مرفو-فیزیولوژیک ارقام ریحان (*Ocimum basilicum* L.) کشت شده در گلخانه به سطوح مختلف تنش شوری

چکیده

ریحان، سبزی برگی با خاصیت دارویی ادویه‌ای است. شوری آب و خاک یکی از تنش‌های غیرزنده عمده است که رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی را در سراسر جهان کاهش می‌دهد. دراین آزمایش پنج ژنوتیپ ریحان (بنفش ایرانی، سیاه، ابلق، سبز و قرمز آتشین) به صورت طرح اسپیلت پلات بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار که فاکتور اصلی شامل تنش شوری در سه سطح (نرمال، تنش متوسط و تنش شدید) و عامل فرعی شامل ژنوتیپ (۵ سطح)، در گلدان و در شرایط گلخانه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۲ در دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان انجام شد. نتایج نشان داد که تمامی ارقام ریحان توانایی تحمل تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید (تنش متوسط) را دارا بودند و مقادیر خصوصیات رویشی (از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک کل بوته، طول، عرض و تعداد برگ و ارتفاع اندام بوته و ارتفاع ریشه) و فیزیولوژیکی (از جمله محتوی کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید) نسبت به تیمار شاهد به میزان کمی کاهش یافت به شکلی که در بسیاری از موارد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. همچنین نتایج بررسی حاضر نشان داد که محتوی پرولین تحت تیمار با تنش شدید شوری به میزان قابل توجهی در سطح شوری ۱۳۵ میلی‌مولار و پس از آن ۷۵ میلی‌مولار به طور قابل توجهی با افزایش روبرو شد. در مجموع می‌توان بیان کرد که تنش شوری شدید در سبزیجات برگی همچون ریحان می‌تواند صدمات جبران ناپذیری بر ساختار گیاه و محتوی زنگیزه‌های فتوسنتزی بگذارد.

کلمات کلیدی: تنش شدید، ، ریحان ابلق، ریحان قرمز آتشین، محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی

مقدمه

ریحان گیاهی علفی، یکساله و معطر است که به عنوان گیاه دارویی ادویه‌ای و همچنین سبزی تازه استفاده می‌شود. منشاء آن شمال غرب هند، شمال شرق آفریقا و آسیای میانی گزارش شده است [1]. اسانس آن خاصیت ضد قارچی و باکتریایی داشته و دفع کننده حشرات است و به طور گسترده در صنایع غذایی، عطرسازی و تهیه محصولات بهداشتی مربوط دهان و دندان کاربرد دارد [2].

شوری بر همه‌ی جنبه‌های متابولیسم گیاهی اثر گذاشته و تغییراتی را در آناتومی و مورفولوژی گیاه ایجاد می‌کند. اگرچه ریحان به طور مکرر در مقالات به عنوان یک گیاه نسبتاً متحمل به شوری نامیده می‌شود، ولی این فرض به طور کلی معتبر نیست زیرا تنوع مورفولوژیکی اغلب نادیده گرفته می شود [3]. تنش شوری باعث از بین رفتن تعادل اسمزی و درنتیجه خروج آب از برگ‌ها و در نهایت از بین رفتن آماس سلولی می‌شود [4]. ریشه اولین اندامی است که به‌دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه میشود. در آزمایشات دادرس و همکاران بر روی گیاه موسیر، شوری موجب کاهش ارتفاع اندام هوایی به علت سمیت یونی عناصر زیان بار و اختلال در کلیه فعالیت های زیستی و متابولیسمی گیاه و کاهش وزن اندام هوایی و ریشه به دلیل از بین رفتن تعادل یونی و تعادل اسمزی شد[4]. وزن خشک اندام هوایی هم از طریق کاهش میزان رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز کاهش می یابد[4] . Soufi [5] گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش خصوصیات رویشی از جمله وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ در ژنوتیپ‌های مختلف شنبلیله در شرایط کشت

هیدروپونیک شد. Soufi و همکاران [6] دریافتند که افزایش هدایت الکتریکی اطراف ریشه علاوه بر کاهش جذب عناصر غذایی، سبب کاهش خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک رقم‌های کاهو در شرایط گلخانه شد. محققان دریافتند که تنش شوری می‌تواند سطح برگف تعداد، طول و عرض برگ ورایته‌های ریحان کشت شده در سیستم هیدروپونیک را کاهش دهد [7]. تفاوت در واکنش ژنوتیپ‌های یک گیاه همچون ریحان به تنش شوری را می‌توان از طریق اندازه‌گیری خصوصیات رویشی، فتوسنتزی و بیوشیمیایی و واکنش دستگاه فتوسنتزی به شرایط تنش موردبررسی قرار داد زیرا در تحقیقات متعدد تفاوت در ژنوتیپ‌ها و ارقام ریحان در شرایط تنش ازنظر این خصوصیات گزارش‌شده است[8]. در تحقیقی Naseri و همکاران [9]، به بررسی تأثیر آب شور بر ویژگی‌های فیزیولوژیک شنبلیله درکشت هیدروپونیک پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری در شنبلیله در شرایط هیدروپونیک زیست توده کل، زیست توده میوه، درصد شاخص کلروفیل و درصد کلروفیل a/b کاهش یافت. همچنین در تحقیقی دیگر Soufi [5] دریافتند که تنش شوری سبب کاهش رنگیزه‌های فتونستزی در ژنوتیپ‌های شنبلیله شد. تنش شوری بالا عامل کاهش‌دهنده عملکرد کوانتومی، محتوی کلروفیل b، کارتنوئید و کلروفیل کل، محتوی قندهای محلول و پروتئین‌های محلول در گیاهان برگی همچون ریحان است [10]. با توجه به اینکه تا کنون ارزیابی تحمل به تنش شوری این ارقام سنجیده نشده است، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان انجام شد تا بتوان ژنوتیپ متحمل را شناسایی کرد. همچنین این مطالعه می‌تواند به بهبود تحمل به شوری در گیاه ریحان، که یک گیاه دارویی و صنعتی با ارزش است، کمک کند و راه حل‌های مناسب برای حفظ عملکرد و بازده گیاهان را در شرایط شوری ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

دراین آزمایش پنج ژنوتیپ ریحان (بنفش ایرانی، سیاه، ابلق، سبز و قرمز آتشین) به صورت طرح اسپیلت پلات بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار که فاکتور اصلی شامل تنش شوری در سه سطح (نرمال، تنش متوسط و تنش شدید) و عامل فرعی شامل ژنوتیپ (۵ سطح)، در گلدان و در شرایط گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند. این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲ در دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۰۲۰ متر از سطح دریای آزاد انجام شد. بذرهای ارقام ریحان از شرکت سپاهان رویش تهیه شده و پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم با غلظت ۲ درصد و دوبار آبشویی در پتری دیش کشت شدند و بعداز جوانه زدن (بعد از ۷ روز) به گلدان انتقال یافتند. آبیاری در هفته اول هر روز صورت می‌گرفت و پس از انتقال دانهال‌های ریحان به بستر کشت در گلدان ٤ کیلوگرمی حاوی نسبت‌های ۲:۱:۱ پرلایت، کوکوپیت و خاک منتقل شده و پس از رسیدن به مرحله ٦ برگی، تیمار شوری در سه سطح ۰، ٦۰ و ۱۳۵ میلی‌مولار کلرید سدیم هر ۲ روز یک‌بار با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر (به اندازه‌ای که آب از ته گلدان‌ها خارج می‌شد) اعمال گردید، و هر هفته یک‌بار آبشویی انجام گرفت تا نمک‌های انباشته شده از گلدان‌ها خارج شود. دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت ٦٥-٥٥ درصد در گلخانه بر روی گیاهان اعمال شد. پس از تنش و رشد کامل گیاه، پنج بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب شدند وصفات مورفولوژیکی آن‌ها شامل طول برگ (سانتیمتر)، عرض برگ (سانتیمتر)، تعداد برگ، وزن برگ تر یا عملکرد برگ (گرم) و وزن اندام هوایی (گرم) گیاه اندازه‌گیری شدند و میانگین آنها به عنوان داده‌ی هر تیمار ثبت شد. همچنین پس از گذشت یک ماه از اعمال تیمارها و پس از ظاهر شدن اثرات اولیه تیمار بر روی گیاه، برگ‌هایی از هر واحد آزمایشی برای سنجش صفات بیوشیمیایی

برداشت و فوراً در ازت مایع منجمد و تا زمان سنجش صفات بیوشیمیایی در فریزر ۲۰- نگهداری شدند تا برای ارزیابی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند. این صفات شامل میزان رنگدانه‌ها کلروفیل، کاروتنویید و میزان پرولین بودند.

رنگیزه های فتوسنتزی

اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل از برگ‌های بالغ نمونه‌گیری انجام و با استون و با روش Arnon [11] عصاره‌گیری شد.

$$(mg / gfw) = [(8.02 \times OD663) + (20.2 \times OD645)] \times V / [1000 \times W]$$ کلروفیل کل

$$(mg / gfw) = [(12.7 \times OD663) - (2.69 \times OD645)] \times V / [1000 \times W]$$ کلروفیل a

$$(mg / gfw) = [(22.9 \times OD645) - (4.68 \times OD663)] \times V / [1000 \times W]$$ کلروفیل b

OD : میزان جذب نور، V حجم نهایی عصاره، W: وزن‌تر نمونه (گرم)

اندازه‌گیری پرولین

برای استخراج پرولین۰/۵ گرم برگ توسعه‌یافته را با استفاده از ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و محلول حاصل را در لوله فالکن ریخته شده و با روش Bates و همکاران [۱۲] عمل استخراج انجام شد و محاسبه میزان پرولین برحسب میکرومول برگرم وزن‌تر نمونه برگ گزارش گردید [12].

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌های آماری حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار □□□ انجام گرفت. و پس‌ازآن مقایسه میانگین صفات موردمطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Exel انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و صفات فیزیولوژیکی اندازه گیری شده به ترتیب در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- تاثیر تنش شوری بر خصوصیات رویشی ارقام ریحان در شرایط گلخانه ای

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر کل	وزن خشک کل	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع گیاه	طول ریشه	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ
محیط	2	1.61**	0.082**	0.188**	0.009**	778.4**	51.7**	19.96**	10.18**	335.8**
بلوک × محیط	4	0.0006	0.00003	0.0003	0.000007	0.17	0.08	0.047	0.028	0.92
ژنوتیپ	4	0.065**	0.007**	0.062**	0.0009**	11.33**	2.86**	0.242**	0.048*	5.74**
ژنوتیپ × محیط	8	0.079**	0.006**	0.068**	0.001**	38.69**	3.38**	1.71**	0.44**	8.01**
خطا	24	0.009	0.00008	0.0001	0.00001	0.25	0.106	0.016	0.013	0.33
ضریب تغییرات (درصد)	-	6.69	9.17	8.89	11.73	6.21	10.23	5.61	8.83	10.64

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

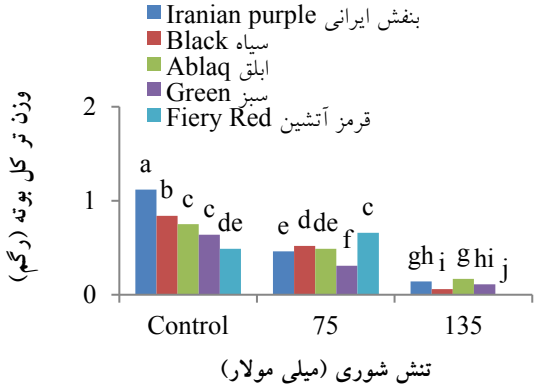
جدول ۲- تاثیر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام ریحان در شرایط گلخانه ای

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی کلروفیل a	محتوی کلروفیل b	محتوی کلروفیل کل	محتوی کارتنوئید	محتوی پرولین
محیط	2	342.95**	100.28**	755.2**	2036117**	1.08**
بلوک × محیط	4	0.076	0.10	0.28	2495*	0.002
ژنوتیپ	4	5.54**	28.48**	40.80**	140202**	0.021**
ژنوتیپ × محیط	8	43.50**	79.05**	79.05**	137862**	0.024**
خطا	24	0.13	0.26	0.26	845	0.001
ضریب تغییرات (درصد)	-	5.66	5.39	5.39	6.26	8.36

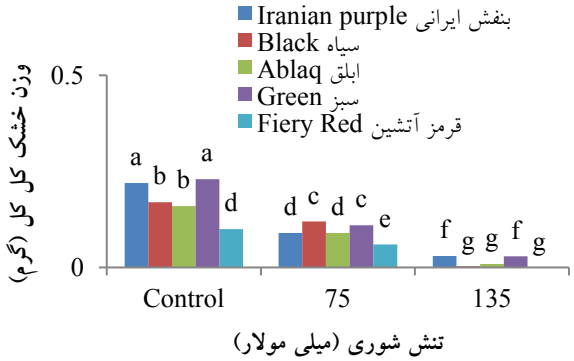
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

وزن تر کل بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که وزن تر کل بوته تحت تاثیر رقم ، تنش شوری و برهمکنش این دو عامل قرار گرفته است. نتایج همچنین نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش در وزن تر کل بوته شد به طوریکه بیشترین مقدار وزن کل بوته در تیمار شاهد (بدون تنش) و در رقم ریحان بنفش ایرانی و ریحان سیاه مشاهده شد (شکل ۱). افزایش تنش شوری به ۷۵ میلی مولار سبب کاهش نسبی در وزن تر کل بوته نسبت به شرایط بدون تنش گردید و در این سطح شوری، وازیته ریحان قرمز آتشین و ریحان سبز به ترتیب بیشترین و کمترین میزان وزن تر کل بوته را نشان دادند. اعمال تنش شدید ۱۳۵ میلی‌مولار بر روی رقم‌های ریحان سبب شد تا کاهش قابل توجه در وزن تر کل بوته مشاهده شود و رقم ریحان قرمز آتشین نیز به طور کامل از بین رفت (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر سطوح شوری بر وزن تر کل بوته ارقام ریحان در شرایط گلخانه



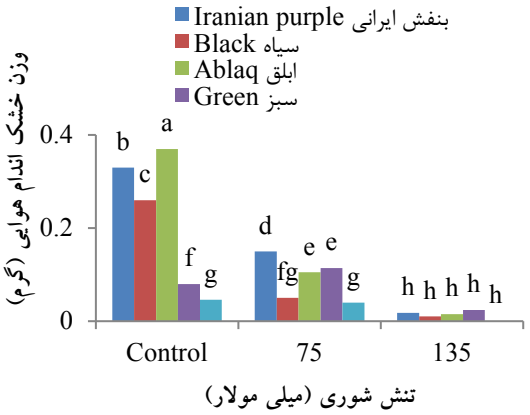
شکل ۲- تاثیر سطوح شوری بر وزن خشک کل بوته ارقام ریحان در شرایط گلخانه

وزن خشک کل بوته

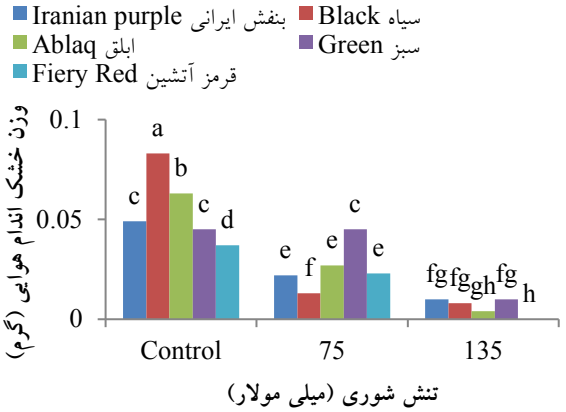
وزن خشک کل بوته در این بررسی تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری از سطح شاهد به ۱۳۵ میلی‌مولار تنش شوری سبب کاهش قابل توجه در وزن خشک کل گردید. در تیمار شاهد رقم‌های ریحان سبز و ریحان بنفش ایرانی از بیشترین میزان وزن خشک کل و رقم ریحان قرمز آتشین نیز کمترین وزن خشک کل را به ثبت رساندند. در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار با توجه به کاهش نسبی نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش)، رقم‌های ریحان سیاه و ریحان سبز دارای بیشترین وزن خشک کل بودند. کاربرد تنش شوری شدید ۱۳۵ میلی‌مولار سبب کاهش شدید در وزن خشک رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه گردید (شکل ۲).

وزن تر اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که وزن تر اندام هوایی ب تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش این دو عامل قرار گرفت. نتایج همچنین نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش در وزن تر اندام هوایی شد به طوریکه بیشترین مقدار وزن تر اندام هوایی در تیمار شاهد (بدون تنش) و در رقم ریحان ابلق و ریحان بنفش ایرانی مشاهده شد (شکل ۳). افزایش تنش شوری به ۷۵ میلی مولار سبب کاهش در وزن تر اندام هوایی نسبت به شرایط بدون تنش گردید و در این سطح شوری، وازیته ریحان بنفش ایرانی و ریحان قرمز آتشین به ترتیب بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی را دارا بودند. اعمال تنش شدید ۱۳۵ میلی‌مولار بر روی رقم‌های ریحان سبب شد تا کاهش قابل توجه در وزن تر اندام هوایی مشاهده شود و رقم ریحان قرمز آتشین نیز به طور کامل از بین رفت (شکل ۳).



شکل ۳- تاثیر سطوح شوری بر وزن تر اندام هوایی ارقام ریحان در شرایط گلخانه



شکل ٤- تاثیر سطوح شوری بر وزن خشک اندام هوایی ارقام ریحان در شرایط گلخانه

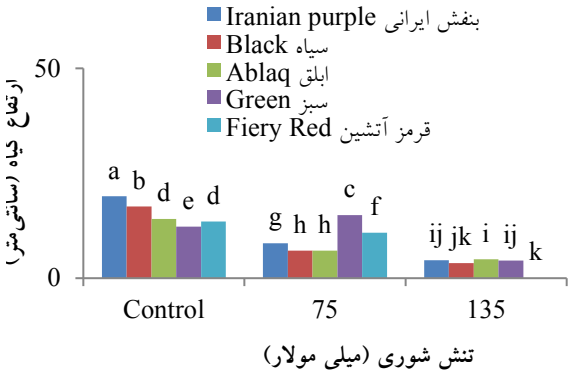
وزن خشک اندام هوایی

وزن خشک اندام هوایی در این بررسی تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری از سطح شاهد به ۱۳۵ میلی‌مولار تنش شوری سبب کاهش قابل توجه در وزن خشک اندام هوایی گردید. در تیمار شاهد رقم‌های ریحان سبز و ریحان ابلق از بیشترین میزان وزن خشک کل و رقم ریحان قرمز آتشین نیز کمترین وزن خشک اندام هوایی را به ثبت رساندند. در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار با توجه به کاهش نسبی نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش)، رقم‌های ریحان سبز دارای بیشترین وزن

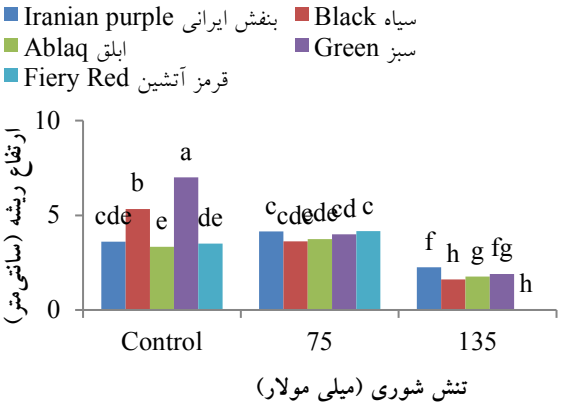
خشک اندام هوایی بود. کاربرد تنش شوری شدید ۱۳۵ میلی‌مولار سبب کاهش شدید در وزن خشک رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه گردید و رقم ریحان قرمز آتشین به طور کامل از بین رفت (شکل ٤).

ارتفاع بوته

نتایج بررسی حاضر نشان داد که ارتفاع بوته تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری قرار گرفت (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش قابل توجه در ارتفاع بوته و خسارت به ساختار رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه گردید. در تیمار شاهد رقم ریحان بنفش ایرانی از برتری بر سایر رقم از لحاظ ارتفاع بوته برخوردار بود. در شرایط تنش متوسط (۷۵ میلی‌مولار) علی رغم کاهش در ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد، رقم‌های ریحان سبز و ریحان قرمز آتشین از بیشترین ارتفاع بوته نسبت به سه رقم دیگر برخوردار بودند و ارتفاع بوته در تیمار شاهد اختلاف قابل توجهی نداشتند. افزایش تنش شوری به ۱۳۵ میلی مولار علاوه بر نابودی رقم ریحان قرمز آتشین، سبب کاهش قابل توجه در ارتفاع بوته رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه گردید (شکل ۵).



شکل ۵- تاثیر سطوح شوری بر ارتفاع بوته ارقام ریحان در شرایط گلخانه



شکل ٦- تاثیر سطوح شوری بر طول ریشه ارقام ریحان در شرایط گلخانه

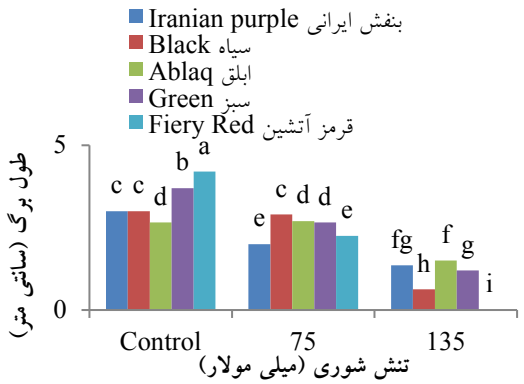
طول ریشه

طول ریشه در این بررسی تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی قرار گرفت (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد) (جدول ۱). در تیمار شاهد رقم‌های ریحان سبز و. ریحان سیاه بیشترین طول ریشه را نسبت به سایر رقم‌ها نشان دادند. در سطح ۷۵ میلی‌مولار تنش شوری هیچ یک از رقم‌های ریحان برتری نسبت به سایر رقم‌ها از لحاظ طول ریشه نشان نداد و همچنین کاهشی نسبت به تیمار شاهد در این سطح مشاهده نشد. اما استفاده از تنش شوری شدید (۱۳۵ میلی‌مولار) در طول دوره رشد رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه، علاوه بر نابودی کامل رقم قرمز آتشین، سبب کاهش قابل توجه در طول ریشه سایر رقم‌های ریحان نسبت به تیمار شاهد و تیمار ۷۵ میلی‌مولار شوری گردید (شکل ٦).

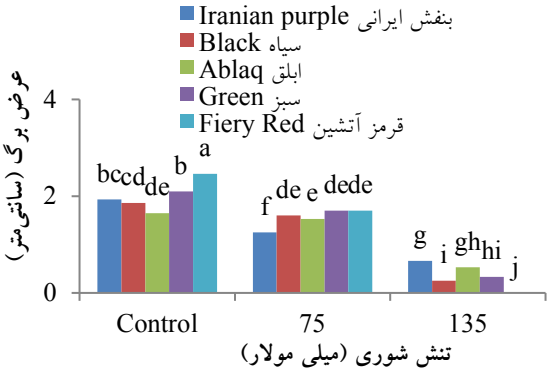
طول برگ

اثر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری بر طول برگ معنی‌دار شد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان داد که استفاده از دو تیمار شاهد و ۷۵ میلی مولار سبب افزایش طول برگ نسبت به تنش شدید شوری (۱۳۵ میلی‌مولار) گردید. در تیمار شاهد رقم‌های ریحان قرمز آتشین و ریحان سیز و در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار رقم ریحان سیاه از بیشترین طول برگ نسبت به سایر رقم ها برخوردار بودند. در سطح

شوری ۱۳۵ میلی‌مولار (تنش شدید)، علاوه بر کاهش شدید در طول برگ، رقم ریحان قرمز آتشین به طور کامل نابود گردید (شکل ۷).



شکل ۷- تاثیر سطوح شوری بر طول برگ ارقام ریحان در شرایط گلخانه



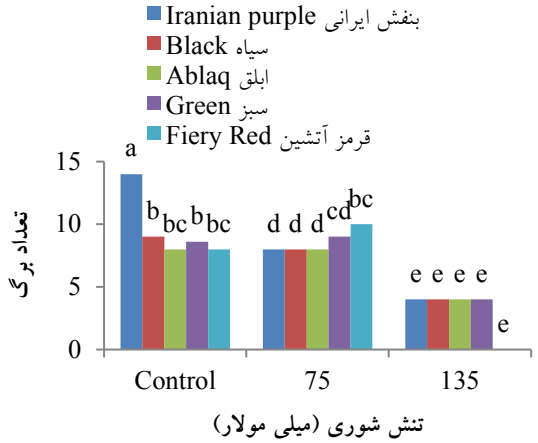
شکل ۸- تاثیر سطوح شوری بر عرض برگ ارقام ریحان در شرایط گلخانه

عرض برگ

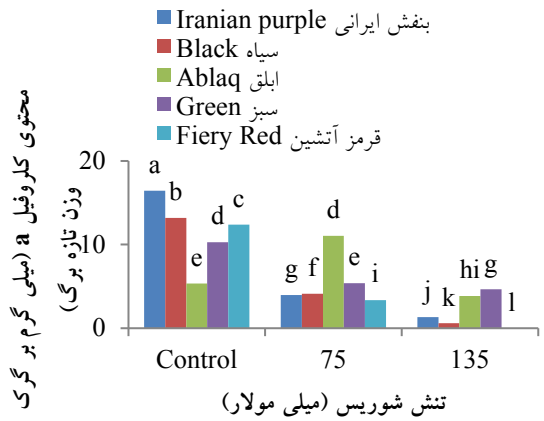
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که عرض برگ تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی استفاده در این بررسی قرار گرفت. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد تیمار شدید ۱۳۵ میلی‌مولار باعث کاهش شدید در عرض برگ گردید ولی در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار کاهش قابل توجهی در عرض برگ نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. در تیمار شاهد رقم‌های ریحان قرمز آتشین و ریحان سبز از بیشترین عرض برگ برخوردار بودند و در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار به جز ریحان بنفش ایرانی سایر رقم‌ها تفاوت معنی داری به لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند و در شرایط شوری شدید نیز رقم‌های ریحان بنفش ایرانی و ریحان ابلق از مقادیر بیشتر عرض برگ نسبت به سایر رقم‌ها برخوردار بودند (شکل ۸).

تعداد برگ

اثر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری بر تعداد برگ معنی‌دار شد (شکل ٤-۲). همچنین نتایج نشان داد که استفاده از دو تیمار شاهد و ۷۵ میلی مولار سبب افزایش تعداد برگ نسبت به تنش شدید شوری (۱۳۵ میلی‌مولار) گردید. در تیمار شاهد رقم ریحان بنفش ایرانی تعداد برگ بیشتری نسبت به سایر رقم‌ها تولید کرد و در سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار (شوری متوسط) رقم ریحان قرمز آتشین بیشتر تعداد برگ را داشت. در سطح شوری ۱۳۵ میلی‌مولار (تنش شدید)، علاوه بر کاهش شدید در تعداد برگ، رقم ریحان قرمز آتشین به طور کامل نابود گردید (شکل ۹).



شکل ۹- تاثیر سطوح شوری بر تعداد برگ ازقام ریحان در شرایط گلخانه



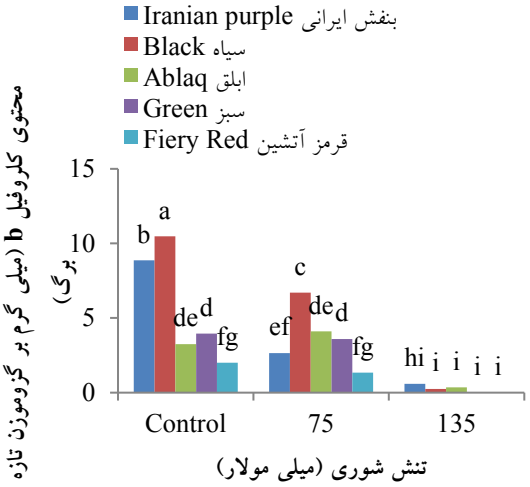
شکل ۱۰- تاثیر سطوح شوری بر محتوی کلروفیل a ارقام ریحان در شرایط گلخانه

محتوی کلروفیل a

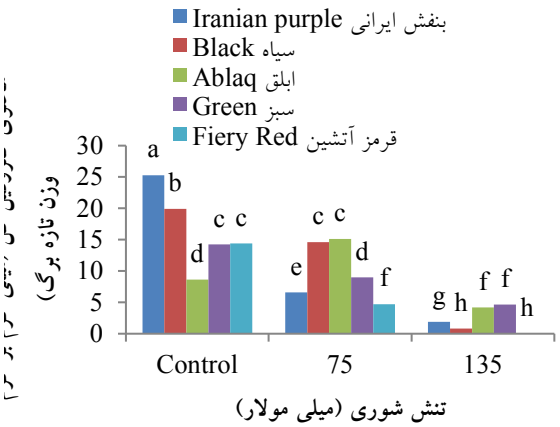
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که کلروفیل a تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری قرار گرفت. نتایج همچنین نشان داد که افزایش شوری تاثیر منفی بر محتوی کلروفیل a رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه داشت به طوریکه بیشترین محتوی کلروفیل a در رقم‌های ریحان بنفش ایرانی و ریحان سیاه در تیمار شاهد مشاهده شد و افزایش تنش شوری به ۷۵ (تنش متوسط) و ۱۳۵ (تنش شدید) میلی‌مولار سدیم کلراید سبب کاهش چشمگیر در محتوی کلروفیل رقم‌های ریحان پرورش یافته در شرایط گلخانه شد. در سطح تنش ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید، رقم ریحان ابلق برتری نسبی از نظر محتوی کلروفیل a نسبت به سایر رقم‌ها نشان داد و نسبت به تیمار شاهد نیز افزایش یافت و این نشان از تحمل این رقم به تنش شوری در جهت تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی است. در سطح تنش ۱۳۵ میلی‌مولار، محتوی کلروفیل a به طور قابل توجهی کاهش یافت و در این سطح تنش، رقم ریحان قرمز آتشین به طور کامل از بین رفت (شکل ۱۰).

محتوی کلروفیل b

محتوی کلروفیل b تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری قرار گرفت (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که در شرایط بدون تنش، رقم‌های ریحان سیاه و ریحان بنفش ایرانی از بیشترین محتوی کلروفیل b برخوردار بودند و کمترین میزان نیز در رقم ریحان قرمز آتشین مشاهده شد (شکل ۱۱). در سطح تنش ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید نیز مانند تیمار شاهد تغییرات قابل توجهی در محتوی کلروفیل b مشاهده نشد و رقم‌های ریحان سیه و ریحان قرمز آتشین به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی کلروفیل b را به خود اختصاص دادند. با افزایش تنش شوری به ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید، محتوی کلروفیل b به طور قابل توجهی کاهش یافت و در این سطح تنش رقم قرمز آتشین به طور کامل نابود شد و این به معنای عدم تحمل رقم‌های ریحان به سطح شوری ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید است که به عنوان عامل مخرب ساخت رنگیزه‌های فتوسنتزی قلمداد می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تاثیر سطوح شوری بر محتوی کلروفیل b ارقام ریحان در شرایط گلخانه



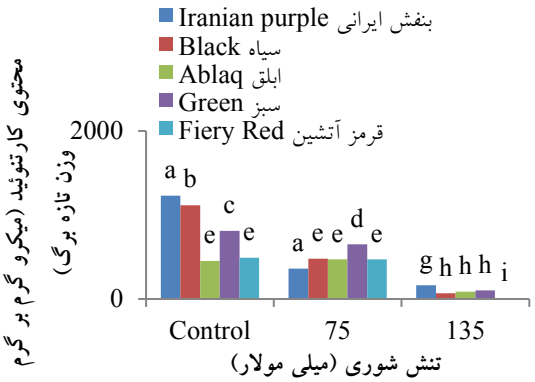
شکل ۱۲- تاثیر سطوح شوری بر محتوی کلروفیل کل ارقام ریحان در شرایط گلخانه

محتوی کلروفیل کل

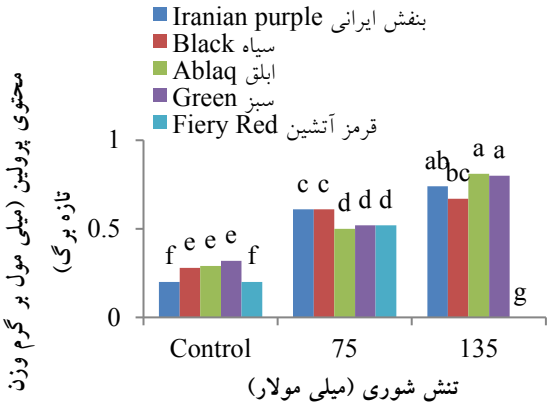
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که محتوی کلروفیل کل تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری قرار گرفت. همچنین مشخص شد که افزایش شدت تنش می تواند سبب کاهش محتوی کلروفیل کل در رقم‌های ریحان پرورش یافته در شرایط گلخانه گردد به طوریکه بیشترین محتوی کلروفیل کل در تیمار شاهد و در رقم‌های ریحان بنفش ایرانی و ریحان سیاه مشاهده شد و افزایش تنش شوری به ۷۵ میلی‌مولار به طور نسبی سبب کاهش در محتوی کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد شد و در این سطح تنش رقم‌های ریحان سیاه و ریحان ابلق از تحمل بیشتری برخوردار بودند زیرا محتوی کلروفیل بیشتری نسبت به سه رقم دیگر تولید کردند. اعمال تنش شوری ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید (تنش شدید) سبب کاهش چشمگیر در محتوی کلروفیل کل شده و از طرفی سبب نابود شدن رقم ریحان قرمز آتشین شد (شکل ۱۲).

محتوی کارتنوئید

اثر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری بر محتوی کارتنوئید معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) شد (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که افزایش شدت تنش شوری از صفر به ۷۵ (تنش متوسط) و به ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید (تنش شدید) سبب کاهش در محتوی کارتنوئید گردید. بیشترین محتوی کارتنوئید در تیمار شاهد و در رقم‌های ریحان بنفش ایرانی و ریحان سیاه مشاهده شد. از طرفی اعمال سطح شوری ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید به طور نسبی سبب کاهش در محتوی کارتنوئید در رقم‌های ریحان شد ولی در این سطح نیز رقم ر یحان سبز از تحمل بیشتری در جهت تولید کارتنوئید برخوردار بود. افزایش تنش شوری به ۱۳۵ میلی‌مولار سبب کاهش چشمگیر در محتوی کارتنوئید گردید و همچنین در این سطح تنش رقم ریحان قرمز آتشین به علت حساسیت به تنش اعمال شده به طور کامل از بین رفت (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- تاثیر سطوح شوری بر محتوی کارتنوئید ارقام ریحان در شرایط گلخانه



شکل ۱٤- تاثیر سطوح شوری بر محتوی پرولین ارقام ریحان در شرایط گلخانه

محتوی پرولین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که محتوی پرولین تحت تاثیر رقم، تنش شوری و برهمکنش رقم و تنش شوری قرار گرفت (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که افزایش شدت تنش شوری سبب افزایش تولید اسمولیت‌های سازگار همچون پرولین در رقم‌های ریحان گردید به طوریکه بیشترین محتوی پرولین در سطح تنش ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید و در رقم‌های ریحان سیز، ریحان ابلق و ریحان بنفش ایرانی مشاهده شد ولی در این سطح تنش به علت حساسیت به شدت تنش، رقم ریحان قرمز آتشین به طور کامل نابود گردید. کمترین محتوی پرولین در تیمار شاهد مشاهده شد. استفاده از سطح تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار نیز باشد که محتوی پرولین بیشتر از گیاهان شاهد و کمتر از گیاهان تیمار شده با تنش شدید تولید شود (شکل ١٤).

همبستگی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک

نتایج جدول همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تمامی صفات به جز چند مورد وجود داشت به طور مثال وزن خشک اندام هوایی همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن ترو خشک کل داشت. همچنین مشخص شد که ارتفاع اندام هوایی و ریشه همبستگی مثبتی با وزن تر و خشک کل و وزن خشک اندام هوایی داشت. علاوه براین مشخص شد که محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی همبستگی مثبتی وزن تر و خشک کل، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و ریشه، طول و عرض برگ و محتوی پرولین داشت (جدول ۳). وجود همبستگی بین خصوصیات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی به این معناست که جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی و افزایش جذب نور توسط سطح سبز گیاهان و انتقال آن‌ها به رنگیزه‌های فتونستزی سبب افزایش شادابی گیاهان و افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده است. از طریفی همبستگی بین رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوی پرولین از این جهت حائز اهمیت است که این اسمولیت‌های سازگاری در مواقع تنش تولید شده تا مانعی از تخریب کلروپلاست‌ها و غشاها باشند و از این طریق به عنوان محافظی در برابر تولیدات دستگاه فتوسنتزی نقش ایفا می‌کنند. همبستگی کارتنوئیدها و سایر رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز این را نشان می دهد که این رنگیزه‌ها عاملی در جهت کاهش تولید عوامل تخریب کننده کلروفیل و کلروپلاست‌ها مانند گونه‌های فعال اکسیژن هستند (جدول ۳).

جدول ۳- همبستگی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک واریته‌های ریحان تیمار شده با تنش شوری در شرایط گلخانه

منابع تغییر	۱	۲	۲	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦
وزن تر کل	1															
وزن خشک کل	0.76**	1														
وزن تر اندام هوایی	0.33	0.30	1													
وزن خشک اندام هوایی	0.59*	0.88**	0.26	1												
ارتفاع ریشه	0.60**	0.83**	0.41	0.82**	1											
ارتفاع اندام هوایی	0.85**	0.89**	0.17	0.87**	0.76**	1										
طول برگ	0.73**	0.73**	0.31	0.65**	0.87**	0.74**	1									
عرض برگ	0.8**	0.76**	0.35	0.68**	0.88**	0.81**	0.97**	1								
تعداد برگ	0.95**	0.85**	0.34	0.70**	0.73**	0.92**	0.78**	0.87**	1							
وزن تر برگ	0.47	0.59*	0.3	0.62**	0.54*	0.65**	0.49	0.57*	0.55*	1						
وزن خشک برگ	0.44	0.78**	0.36	0.68**	0.90**	0.60**	0.77**	0.75**	0.60**	0.39	1					
aمحتوی کلروفیل	0.76**	0.66**	0.44	0.58*	0.51*	0.75**	0.49	0.60*	0.79**	0.42	0.28	1				
bمحتوی کلروفیل	0.72**	0.72**	0.3	0.44	0.54*	0.55*	0.56*	0.58*	0.70**	0.38	0.12	0.58*	1			
محتوی کلروفیل کل	0.83**	0.76**	0.43	0.59*	0.58*	0.75**	0.58*	0.66**	0.85**	0.45	0.42	0.93**	0.83**	1		
محتوی کارتنوئید	0.88**	0.85**	0.33	0.76**	0.72**	0.89**	0.70**	0.77**	0.91**	0.41	0.55*	0.85**	0.75**	0.90**	1	
محتوی پرولین	0.63**	0.67**	0.61**	0.54*	0.86**	0.58*	0.87**	0.86**	0.70**	0.41	0.82**	0.48	0.56*	0.57*	0.59*	1

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد آزمون دانکن را نشان می‌دهند.

بحث

نتایج بررسی حاضر نشان داد که خصوصیات رویشی رقم‌های ریحان پرورش یافته در گلخانه تحت تاثیر شدت‌های مختلف تنش شوری قرار گرفت به طوریکه تمامی رقم‌ها افزایش تنش شوری تا ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید را تحمل کردند و اعمال تنش شدید (۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید) خسارات جبران ناپذیری بر خصوصیات رشدی رقم‌های ریحان در شرایط گلخانه گذاشت (شکل‌های ۱-۹). افزایش شوری به همان هدایت الکتریکی اطراف ریشه گیاه سبب می‌شود تا تغییر در تعادل عناصر غذایی ایجاد شود و از طرفی تحت این شرایط پتانسیل اسمزی کاهش یافته و در نتیجه سبب کاهش انتقال آب و مواد غذایی به سمت ریشه شده و جذب و انتقال عناصر غذایی از ریشه به سمت اندام هوایی کاهش یابد [13]. درصورتی‌که در شرایط شاهد و تنش شوری متوسط به دلیل پتانسیل بالای آب در اطراف ریشه فعالیت ریشه بیشتر است و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی در این شرایط افزایش می¬یابد که درنهایت سبب تقویت رشد می¬گردد [14]. افزایش افزایش هدایت الکتریکی سبب کاهش محتوای آب، کاهش فشار تورژسانس و کاهش توسعه سلول‌ها می‌شود [15]. همچنین بر اساس یافته‌های محققین معلوم شده است که تغییر در تعادل و توازن کاتیونی و آنیونی در بافت گیاه به دلیل تغییر در غلظت عناصر غذایی و، EC و pH محلول غذایی سبب کاهش در خصوصیات رشدی گیاهان می‌گردد [16]که در تحقیق حاضر نیز افزایش هدایت الکتریکی سبب کاهش در خصوصیات رشدی گردید. تغییرات در EC می‌تواند از طرق زیر بر رشد گیاه در شرایط کشت در گلخانه تأثیرگذار باشد: ۱) کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب توسط ریشه گیاه. ۲) افزایش تجمع برخی عناصر نظیر سدیم و کلر، ایجاد سمیت آن‌ها و در نتیجه تغییر تعادل یونی و کاتیونی. ۳) کاهش جذب آب و به دنبال آن کاهش تورژسانس سلولی و ممانعت از توسعه سلول [17]. صرف نظر از رقم، یک واکنش تطبیقی به تنش شوری در این بررسی مشاهده شد، که منجر به کاهش رشد ژنوتیپ‌های ریحان گردید، جنبه ای که به گیاهان این اجازه را می‌دهد تا انرژی لازم را برای گسترش پاسخ های دفاعی هدفمند با هدف کاهش آسیب دائمی را حفظ کنند که مشابه این نتایج بر روی ژنوتیپ‌های ریحان [15] مشاهده شده است.

کلروفیل‌ها مولکول‌های آلی کوچک با یک یون منیزیم‌دار در مرکز آن، نور را جذب و به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند [19]. در این بین کلروفیل a به‌عنوان رنگدانه اصلی به شمار می‌رود ولی کلروفیل b یک رنگدانه کمکی بوده و به عنوان تنظیم‌کننده سایر گیرنده‌های نوری نقش ایفا می‌کند [20]. به‌طورکلی نقش کلروفیل a نسبت به کلروفیل b در فتوسنتز گیاهان مهم‌تر است [21]. علاوه براین مقدار کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل اصلی در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است [22]. علاوه بر کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرونوئیدی هستند که توسط همه‌ی اندام‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی تولید می‌شوند. نقش کارتنوئیدها حفاظت از رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی است که انرژی نورانی را جمع می‌کند. نتایج این تحقیق با نتایج انجام‌شده بر روی گیاهان گوجه‌فرنگی، فلفل و کلم در ارتباط با تغییر EC و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط افزایش غلظت EC در اطراف ریشه گیاهان مطابقت دارد [23]، زیرا که اعمال تنش شدید (۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید) به طور چشمگیری محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی را کاهش داد ولی در سطح تنش ۷۵ میلی‌مولار سدیم کلراید محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به تیمار شاهد کمتر دستخوش تغییرات گردید. محققین همچنین دریافتند که افزایش EC اطراف ریشه گیاه می‌تواند سبب کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ گیاهان فلفل گردد [24]. کاهش مقدار کلروفیل در شرایط استفاده از ECهای بالا ممکن است به دلیل عدم تعادل یونی و در نتیجه کاهش و یا آسیب

به فسفوپروتئین‌ها و یا فسفریلاسیون پروتئین‌های برداشت کننده نور در فتوسیستم II باشد که منجر به تخریب و یا کاهش غلظت کلروفیل‌ها در سلول‌های گیاهی می‌گردد [25]. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر کاهش غلظت کلروفیل تحت تیمار محلول غذایی با EC بالا می‌توان به آسیب‌دیدگی ساختار کلروپلاست و افزایش فعالیت آنزیم‌های مخرب به‌خصوص آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد [26]. همان‌طور که در بالا ذکر شد، گیاهان تیمار شده با EC بالای محلول غذایی از میزان آهن و نیترات کمتری برخوردار هستند و این کاهش در غلظت عناصر سبب کاهش سنتز کلروفیل می‌شود. محققین دریافتند که کاهش مقدار روی، منگنز و آهن برگ، میزان کلروفیل را در برگ کاهش داد [27]. همچنین مقدار کلروفیل بالاتر در ژنوتیپ‌هایی که از غلظت نسبی آب برگی بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند، مشاهده گردید [28]. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر سنتز کلروفیل می‌توان به رشد ریشه و جذب آب توسط ریشه اشاره کرد زیرا تحت شرایط جذب نرمال آب و عناصر غذایی از پیری و تجزیه کلروفیل جلوگیری می‌شود [29]. از طرفی مشخص شده است که کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند به علت کاهش پایداری غشاء کلروپلاست تحت تنش شوری باشد که سبب تخریب کلروپلاست شده و یا می‌تواند تعداد و اندازه آن را کاهش دهد که نتیجه آن کاهش میزان کلروفیل است [30].

تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول به‌عنوان یک پاسخ عمومی گیاهان تحت تنش شوری است [31]. پرولین جزو اسمولیت‌های سازگار است که بیشتر در پاسخ به عدم تعادل اسمزی در سیتوپلاسم سلول‌ها تولید می‌شود ([32]. وجود اسیدآمینه پرولین در تمام گیاهان آلی شناخته‌شده و به‌طورمعمول در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع این اسمولیت سازگار در سلول افزایش می‌یابد. در زمان ایجاد تنش، گیاهان نیاز به حفظ پتانسیل آب درون سلول به‌منظور حفظ تورژسانس و جذب آب برای رشد دارند که این امر توسط سنتز مواد تنظیم‌کننده اسمزی از جمله پرولین و قندهای محلول ایجاد می‌گردد [33]. تجمع مواد محلول سازگار مانند قندهای محلول و پرولین در شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده سبب محافظت غشاهای سلول در برابر غلظت‌های بالای یون‌های معدنی و انواع اکسیژن‌های فعال می‌شود [34]. نقش این اسمولیت در جلوگیری از کم‌آبی، کاهش آسیب سلولی، حفظ تعادل اسمزی و تحمل تنش به گیاه اشاره کرد [35]. در بررسی حاضر نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری با میزان ۱۳۵ میلی‌مولار سدیم کلراید و پس از ۷۵ میلی مولار سدیم کلراید سبب افزایش قابل توجه در محتوی پرولین رقم‌های ریحان در شرایط کشت در گلخانه افزایش یافت که با نتایج Soufi و همکاران [7] مطابقت دارد. این محققین دریافتند که افزایش هدایت الکتریکی اطراف ریشه علاوه بر کاهش خصوصیات رشدی و فتوسنتزی در رقم‌های کاهو، محتوی پرولین را به طور قابل توجهی افزایش داد. افزایش اسمولیت‌های مانند پرولین در شرایط تنش عاملی در جهت تحمل گیاهان در برابر تنش‌های اعمال شده است و از این طریق سبب کاهش در شدت تنش و افزایش خصوصیات رشدی و فتوسنتزی گیاهان می‌گردد [7]. افزایش پرولین تحت شرایط تنش شوری به این دلیل است که پرولین یک مولکول تنظیم کننده و یک آمینواسید حلال است و بیشتر نقش محافظتی داشته و ترکیبی غیر سمی به شمار می‌رودو از طرفی می‌تواند مقاومت گیاهان را در شرایط تنش افزایش دهد و دلیل آن نیز پرولین به عنوان یک سد دفاعی برای گیاهان عمل کرده و در هنگام بروز تنش از اجزای داخلی سلول محافظت می‌کند و موجب سرکوب رادیکال‌های آزاد نیز می‌گردد [36]. علاوه براین افزایش پرولین می‌توتند به دلیل این باشد که این ماده باعث حفظ آبگیری پروتئین‌ها شده و ادامه فعالیت سلول‌ها را سبب می‌شود و همچنین از تخریب و نابودی آنزیم‌ها نیز جلوگیری می‌کند [37].

نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی واکنش گیاه به شرایط محدود کننده غیرزیستی، مانند شوری، گامی ضروری برای درک میزان تحمل یک گونه از محصولات باغبانی به شرایط نامساعد محیطی است. این تحقیق به منظور بررسی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی ارقام ریحان در سه سطح تنش (شاهد، متوسط (۷۵ میلی مولار سدیم کلراید) و شدید (۱۳۵ میلی مولار سدیم کلراید) در شرایط گلخانه انجام شد. براساس نتایج مشخص شد که ارقام ریحان توانایی تحمل شوری تا ۷۵ میلی‌مولار تنش شوری را دارا هستند ولی با افزایش شدت تنش از این حد به بالا باعث کاهش چشمگیر در خصوصیات رشدی و فتوسنتزی رقم‌های ریحان خواهد شد. همانطور که از نتایج مشخص شد واکنش ارقام مختلف به تنش شوری متفاوت بود. همچنین براساس نتایج مشخص شد که استفاده بیش از حد سدیم کلراید می‌تواند خسارات جبران ناپذیری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهان بگذارید و از این طریق میزان تولید ترکیبات اولیه و ثانویه که از طریق دستگاه فتوسنتزی نشات می‌گیرند کاهش می‌یابد. افزایش اسمولیت سازگار مانند پرولین نیز در این تحقیق تحت تاثیر شدت های بالای تنش شوری شوری عاملی در جهت افزایش تحمل رقم‌های ریحان به سطوح مختلف تنش شوری در شرایط گلخانه است. در مجموع، می توان بیان کرد که گیاه ریحان یک مقاومت میانه نسبت به شوری دارد.

منابع

1- Klimankova E, Holadová K, Hajšlová J, Čajka T, Poustka J, Koudela M. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. Food chemistry. 2008; 107(1):464-72.
2- Khalid KA, Hendawy SF, El-Gezawy E. *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2006; 2(1):25-32.
3- Ciriello M, Cirillo V, Formisano L, De Pascale S, Romano R, Fusco GM, Nicastro R, Carillo P, Kyriacou MC, Soteriou GA, Rouphael Y. Salt-Induced Stress Impacts the Phytochemical Composition and Aromatic Profile of Three Types of Basil in a Genotype-Dependent Mode. Plants. 2023; 12(11):2167.
4- Dadras N, Besharati H, Ketabchi S. Impact of Salinity Stress on Growth and Biological Nitrogen Fixation of Soybean Genotypes. Iranian Journal of Soil Research. 2012; 26(2):165-74.
5- Soufi, H. R. The effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristics of some cultivars of fenugreek (*Trigonella foenu-graceum* L.) in hydroponic system. Master's thesis, Lorestan University, 2015, 127 pages. (In Farsi).
6- Soufi HR, Roosta HR, Stępień P, Malekzadeh K, Hamidpour M. Manipulation of light spectrum is an effective tool to regulate biochemical traits and gene expression in lettuce under different replacement methods of nutrient solution. Scientific Reports. 2023; 13(1):8600.
7- Soufi HR, Roosta,HR. The effect of different replacement methods of nutrient solution on growth, physiological characteristics and micronutrient of three varieties of basil in NFT system. Plant Production Technology, 2023. In Press. (In Farsi)
8- de Azevedo Neto AD, Menezes RV, Gheyi HR, Costa Conceicao Silva P, Cova AM, Ribas RF, de Oliveira Ribeiro M. Salt-induced changes in solutes, pigments and essential oil of two basil (*'Ocimum basilicum*'L.) genotypes under hydroponic cultivation. Australian Journal of Crop Science. 2019; 13(11):1856-64.
9- Naseri M, AROEI H, Kafi M, Nemati H. Effect of Saline Water on Physiologycal Traits of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in Hydroponic Culture. Journal of Water Research in Agriculture, 2016; 30(1), 65-71. (In Farsi)
10- ŏFani E. Physiological and biochemical responses of basil (*Ocimum basilicum*) to silicon spraying under salinity stress. Journal of Crop Production. 2022; 15(3):123-36.
11- Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant physiology. 1949; 24(1):1.

12- Bates LS, Waldren RA, Teare ID. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil. 1973; 39:205-7.
13- Degl'Innocenti E, Hafsi C, Guidi L, Navari-Izzo F. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. Journal of plant physiology. 2009; 166(18):1968-81.
14- Zhang Y, Kiriiwa Y, Nukaya A. Influence of nutrient concentration and composition on the growth, uptake patterns of nutrient elements and fruit coloring disorder for tomatoes grown in extremely low-volume substrate. The Horticulture Journal. 2015;84(1):37-45.
15- Pecanha AL, da Silva JR, Rodrigues WP, Ferraz TM, Netto AT, Lima RS, Lopes TS, Ribeiro MS, de Deus BC, do Couto TR, Schaffer B. Leaf gas exchange and growth of two papaya (Carica papaya L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. Scientia Horticulturae. 2017; 218:230-9.
16- Haynes RJ. Active ion uptake and maintenance of cation-anion balance: A critical examination of their role in regulating rhizosphere pH. Plant and soil. 1990; 126:247-64.
17- Wu M. Effect of nutrient solution electrical conductivity levels on lycopene concentration, sugar composition and concentration of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The University of Arizona; 2006.
18- Ciriello M, Formisano L, Kyriacou MC, Carillo P, Scognamiglio L, De Pascale S, Rouphael Y. Morpho-Physiological and Biochemical Responses of Hydroponically Grown Basil Cultivars to Salt Stress. Antioxidants. 2022; 11(11):2207.
19- Goodsell, D. S. *Green energy in atomic*. Evidence springer. International Publishing, 2016, 42: 83-88.
20- Tanaka Y, Kimata K, Aiba H. A novel regulatory role of glucose transporter of Escherichia coli: membrane sequestration of a global repressor Mlc. The EMBO journal. 2000, 16; 19(20):5344-52.
21- Mane AV, Deshpande TV, Wagh VB, Karadge B, Samant JS. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. International Journal of Environmental Sciences. 2011; 1(6):1192-216.
22- Behera RK, Mishra PC, Choudhury NK. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. Journal of plant physiology. 2002; 159(9):967-73.
23- Wortman SE. Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. Scientia Horticulturae. 2015, 14; 194:34-42.
24- Lycoskoufis IH, Savvas D, Mavrogianopoulos G. Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. Scientia Horticulturae. 2005; 106(2):147-61.
25- Ashraf MH, Harris PJ. Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica. 2013; 51:163-90.
26- Günes A, Inal A, Alpaslan M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. Journal of Plant Nutrition. 199; 19(2):389-96.
27- Roosta HR, Estaji A, Niknam F. Effect of iron, zinc and manganese shortage-induced change on photosynthetic pigments, some osmoregulators and chlorophyll fluorescence parameters in lettuce. Photosynthetica. 2018; 56:606-15.
28- Li RH, Guo PG, Michael B, Stefania G, Salvatore C. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. Agricultural Sciences in China. 2006;5(10):751-7.
29- Conroy JP, Virgona JM, Smillie RM, Barlow EW. Influence of drought acclimation and CO2 enrichment on osmotic adjustment and chlorophyll a fluorescence of sunflower during drought. Plant physiology. 1988; 86(4):1108-15.
30- Ali Y, Aslam Z, Ashraf MY, Tahir GR. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. International Journal of Environmental Science & Technology. 2004: 221-5.

31- Yang SL, Lan SS, Gong M. Hydrogen peroxide-induced proline and metabolic pathway of its accumulation in maize seedlings. Journal of plant physiology. 2009; 166(15):1694-9.
32- Paz RC, Reinoso H, Espasandin FD, Gonzalez Antivilo FA, Sansberro PA, Rocco RA, Ruiz OA, Menendez AB. Akaline, saline and mixed saline–alkaline stresses induce physiological and morpho-anatomical changes in L otus tenuis shoots. Plant Biology. 2014; 16(6):1042-9.
33- Peng Y, Lin W, Cai W, Arora R. Overexpression of a Panax ginseng tonoplast aquaporin alters salt tolerance, drought tolerance and cold acclimation ability in transgenic Arabidopsis plants. Planta. 2007; 226:729-40.
34- Ahmad P, Sharma S. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus Alba* L.) under NaHCO3 stress. *International Journal of Plant Production*, 2010, 4(2): 79-86.
35- Lin J, Li X, Zhang Z, Yu X, Gao Z, Wang Y, Wang J, Li Z, Mu C. Salinity-alkalinity tolerance in wheat: Seed germination, early seedling growth, ion relations and solute accumulation. Afr J Agric Res. 2012; 7:467-74.
36- Harati A, Kashfi B, Matinizadeh M. Investigation of the reduction adverse effects of salinity stress on morphological and physiological traits of thyme (*Thymus daenensis* Celak) through. Plant Production Technology, 2015; 16(2): 111-125.
37- Madan S, Nainawatee HS, Jain RK, Chowdhury JB. Proline and proline metabolising enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant Brassica juncea L. under salt stress. Annals of Botany. 1995; 76(1):51-7.

Morpho-Physiological responses of greenhouse Grown Basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivars to different levels of Salt Stress

Abstract

Basil is a leafy vegetable with medicinal properties. Soil and water salinity is one of the major non-living stresses that reduce the growth and productivity of agricultural products around the world. In this experiment, five basil genotypes (Iranian purple, black, ablaq, green and fiery red) were used as a split plot based on a completely random design with three replications, the main factor of which is salt stress at three levels (normal, medium stress and severe stress) and The secondary factor including genotype (5 levels) was carried out in pots and under greenhouse conditions in the crop year of 2023 at Kerman University of Advanced Education. The results showed that all basil cultivars had the ability to withstand the salinity stress of 75 mM sodium chloride (moderate stress) and the values of vegetative characteristics (including fresh and dry weight of aerial parts, fresh and dry weight of the whole plant, length, width and number of leaves and plant organ height and root height) and physiological (including chlorophyll a, b, total and carotenoid content) were slightly reduced compared to the control treatment in a way that no significant difference was observed in many cases. Also, the results of the present study showed that the proline content under the treatment with severe salinity stress significantly increased at the salinity level of 135 mM and then 75 mM. In general, it can be said that severe salt stress in leafy vegetables such as basil can cause irreparable damage to the plant structure and the content of photosynthetic rusts.

Key words: Ablaq Basil, Fiery Red Basil, Photosynthetic Pigments Content, Severe Stress