

تأثیر تنش قلیائیت بر روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

شایسته بمانی گلنابادی^۱ - بتول مهدوی^{۲*} - بنیامین ترابی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش قلیائیت بر رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه گلرنگ آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش قلیائیت در هفت سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌مولار) و دو رقم گلرنگ (صفه و ۴۱۱) بودند. نتایج نشان داد که تنش قلیائیت موجب کاهش طول ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه گردید در حالی که میزان پرولین، قندهای محلول و مالون‌دی‌آلدئید را افزایش داد. همچنین با افزایش تنش قلیائیت پتانسیل عملکرد کوانتوم (Fv/Fm)، کارایی شاخص فتوسنتز (PI)، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پتاسیم کاهش پیدا کرد در حالی که میزان کاروتنوئید، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. رقم ۴۱۱ از نظر خصوصیات رویشی، میزان کلروفیل a و کل بر رقم صفه برتری نشان داد. همچنین هر دو رقم عکس العمل یکسانی به تنش قلیائیت نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش، پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای یونی

مقدمه

(2008). تعدادی از گزارش‌ها ثابت کردند که نمک‌های قلیایی (Na_2CO_3 و NaHCO_3) برای گیاهان مخرب‌تر از نمک‌های طبیعی (NaCl و Na_2SO_4) هستند (Yang et al., 2008b). گیاهان به غلظت‌های بالای بی‌کربنات از طریق کاهش رشد شاخساره واکنش نشان می‌دهند و این ممانعت در رشد شاخساره دربرگیرنده کاهش وزن تر ریشه و ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ریشه و ساقه خواهد بود. تحت تأثیر بی‌کربنات، انتقال کم آهن یا قابلیت حل‌پذیری کمتر آهن در خاک یا محیط کشت اتفاق می‌افتد که منجر به تخریب کلروفیل و نیز کاهش سنتز آن می‌شود که زردی برگ‌های گیاه و کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش رشد شاخساره را در پی دارد (Valdez Aguilar, 2004). وجود تنش قلیائیت اثر pH بالا را به همراه دارد. pH بالا در اطراف ریشه گیاه می‌تواند موجب رسوب یون‌های فلزی و فسفر، خسارت بر اعمال فیزیولوژیکی طبیعی ریشه و تخریب ساختار ریشه گردد (Liu et al., 2010). تنش قلیائیت جذب یون‌های غیرآلی مانند Cl^- ، NO_3^- و H_2PO_4 را محدود کرده و بر جذب انتخابی K^+ و Na^+ به مقدار زیادی اثر گذاشته و توازن یونی را به هم می‌زند (Yang et al., 2007). همچنین یون‌های بی‌کربنات، جذب عناصر پرمصرف، به ویژه فسفر، منیزیم و پتاسیم توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به عنوان مثال در خاک‌های قلیایی، فسفر به مقدار زیادی به واسطه تشکیل مجموعه‌های فلزی با کلسیم و منیزیم از دسترس گیاه خارج

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی از خانواده استراسه^۳ می‌باشد، گلبرگ گلرنگ دارای مواد رنگی کارتامین و کارتامیدین است که از آن‌ها برای رنگ‌آمیزی پارچه، ابریشم و گل‌های مصنوعی، در طبخ و شیرینی‌پزی استفاده می‌شود. امروزه بر اهمیت گلرنگ به عنوان دانه روغنی، به ویژه به علت دارا بودن اسید چرب غیراشباع و ضروری لینولئیک، افزوده شده است و به تولید آن در جهان توجه خاص معطوف گردیده است. روغن گلرنگ فاقد کلسترول است، و همچنین مقدار قابل توجهی ویتامین (E) دارد که موجب ثبات روغن در اثر اکسیداسیون طی دوران نگهداری می‌شود (Khajeh puor, 2004). قلیائیت خاک در حدود ۹۳۲ میلیون هکتار از زمین‌های جهان را به شدت تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش تولید در حدود ۱۰۰ میلیون هکتار زمین در آسیا شده است (Rao et al.,

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(Email: b.mahdavi@vru.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

طوقه تا انتهای طویل‌ترین ریشه به‌عنوان طول ریشه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام رویشی گیاه، اندام هوایی از ریشه جدا و پس از شستشو با آب مقطر کاملاً خشک شد. در مرحله بعد، اندام هوایی و ریشه گیاه داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن اندام هوایی و ریشه، وزن خشک این اندام‌ها بر اساس واحد گرم تعیین شد.

محتوی کلروفیل برگ به روش Arnon, 1949 اندازه‌گیری شد. جذب نوری کلروفیل a، b و کل در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و کاروتنوئید در طول موج ۴۷۰ فرات شد. سپس با استفاده از روابط زیر غلظت کلروفیل a، b، a+b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد. در روابط زیر V حجم نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه است.

$$a \text{ کلروفیل } = \frac{12.7 (D_{645}) - 2.29 (D_{663})}{V} \times \frac{V}{(1000 \times W)}$$

$$b \text{ کلروفیل } = \frac{22.9 (D_{645}) - 4.68 (D_{663})}{V} \times \frac{V}{(1000 \times W)}$$

$$a+b \text{ کلروفیل } = \frac{20.2 (D_{645}) - 1.02 (D_{663})}{V} \times \frac{V}{(1000 \times W)}$$

$$85/0.2 \text{ (کلروفیل a)} - 1/82 \text{ (D}_{670}) = 1000 \text{ کاروتنوئید}$$

$$\text{کاروتنوئید (کلروفیل b)} = \frac{19.8 \times V}{(1000 \times W)}$$

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه، کلروفیل فلومتر^۱ استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامتر Fv/Fm ثبت نمود. روش کار بدین صورت بود که از هر گلدان چهار برگ بالغ از گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت میزان فلورسانس کلروفیل ثبت گردید. به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌ها، با استفاده از روش هضم نمونه خشک گیاهی در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت و واکنش با اسید کلریدریک ۲ مولار آماده‌سازی شدند (Waling et al., 1989).

عناصر پتاسیم و سدیم به کمک دستگاه فلیم فتومتر^۲ و عناصر کلسیم و منیزیم بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمی^۳ اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری پرولین محتوای بافت برگ از روش Bates et al., 1973 استفاده شد. کربوهیدرات کل از روش Dubois et al., 1956 با استفاده از فنل‌اسیدسولفوریک و استاندارد گلوکز انجام شد. جذب استانداردها به همراه جذب کربوهیدرات کل نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار کربوهیدرات نمونه، بر مبنای وزن تر نمونه‌ها تعیین گردید. مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء

می‌شود (Nikolic and Kastori, 2000). گیاهان از طرق مختلفی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند. در شرایط تنش گیاهان به‌منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و یا به‌عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد. زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، مقدار پرولین در گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد (Yang et al., 2008a). هم‌چنین پرولین می‌تواند در برگ‌ها تجمع یابد و به بافت‌های موردنظر (مریستم‌ها) برای تنظیم اسمزی منتقل شود که در شرایط تنش پرولین به‌عنوان یک اسمولیت عمل کرده و پتانسیل اسمزی سلول را کاهش داده و یون‌های سمی را جذب می‌کند و نقش مهمی را در حفاظت گیاهان از تنش اسمزی بازی می‌کند (Ahmad and Sharma, 2010). بنابراین با توجه به روند رو به افزایش مصرف روغن‌های نباتی و هزینه زیاد تأمین روغن مورد نیاز کشور از طریق واردات، توسعه کشت گیاهان دانه روغنی سازگار به شرایط اقلیمی کشور و هم‌چنین گسترش برنامه‌های تحقیقاتی در این زمینه حائز اهمیت است. لذا پژوهش حاضر به بررسی اثر تیمار قلیائیت بر خصوصیات مورفولوژی و بیوشیمیایی دو رقم گلرنگ (صفت و ۴۱۱) پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول قلیائیت در هفت سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌مولار) و فاکتور دوم دو رقم گلرنگ (صفت و ۴۱۱) بود. بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت بود که به‌ترتیب به نسبت ۱:۱ با هم مخلوط شده و در گلدان‌های پلاستیکی به حجم پنج لیتر ریخته شدند. بذرها در عمق حدود یک سانتی‌متری در گلدان‌های پلاستیکی در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۲ کشت شدند. از زمان کشت بذرها تا قبل از مرحله ظهور اولین برگ حقیقی، آبیاری با آب مقطر صورت گرفت. بعد از خروج اولین برگ حقیقی تا مرحله چهار برگی، آبیاری با محلول غذایی هوگلند انجام شد. از مرحله چهار برگی به بعد، برای اعمال تیمارهای قلیائیت، از محلول غذایی هوگلند با توجه به تیمار موردنظر استفاده گردید. قلیائیت موردنظر با استفاده از بی‌کربنات سدیم در محلول غذایی هوگلند تهیه شد. اندازه‌گیری صفات مختلف حدود ۴۰ روز بعد از اعمال بیش‌ترین غلظت نمک صورت گرفت، که شامل اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، محتوای کلروفیل، فلورسانس کلروفیل، میزان عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم، محتوی پرولین، کربوهیدرات و مالون‌دی‌آلدئید بودند.

قاعده یقه تا رأس بلندترین برگ به‌عنوان ارتفاع ساقه و محل

1-Chlorophyll Fluorometer, (Model Pocket PEA, Company Hansatech, U.K)

2- Model PFP7, Germany

3- Model GBC avanta, Australia

با روش De Vos *et al.*, 1991 اندازه‌گیری شد. میزان مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی ($\epsilon=155 \mu\text{M}^{-1}\text{cm}$) محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که تنش قلیائیت تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه و ریشه داشتند. اثر رقم بر طول ساقه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل رقم و قلیائیت بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش تنش قلیائیت از صفر تا ۶۰ میلی‌مولار طول ساقه کاهش یافت به طوری‌که بین سطوح قلیائیت ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در بین ارقام استفاده شده رقم ۴۱۱ نسبت به رقم صفت طول ساقه بیشتری داشت (جدول ۲). در شرایط تنش قلیائیت طول ریشه نیز کاهش یافت (جدول ۲). گیاهان شاهد بیش‌ترین طول ریشه را داشتند و کمترین طول ریشه مربوط به

گیاهان قرار گرفته در معرض قلیائیت ۵۰ میلی‌مولار بود که اختلاف معنی‌داری با طول ریشه گیاهان قرار گرفته در معرض قلیائیت ۶۰ میلی‌مولار نداشت. همچنین دو رقم مورد مطالعه از نظر طول ریشه اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). کاهش رشد ساقه و ریشه تحت تنش قلیائیت در سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Campbell and Nishio, 2000). این کاهش می‌تواند به علت وجود یون‌های بی‌کربنات و یا سدیم باشد (Pearce *et al.*, 1999). همچنین در بسیاری از مطالعات pH بالای ایجاد شده در شرایط تنش قلیائیت به عنوان یک عامل محدودکننده رشد و توسعه گیاه بیان شده است. این پدیده ممکن است به دلیل آسیب تغذیه‌ای، اختلالات متابولیکی، عدم تعادل یونی ناشی از تنش قلیائیت باشد (Yang *et al.*, 2008a). همچنین کاهش رشد در شرایط تنش قلیائیت به سرعت پایین فتوسنتز که در غلظت بالای بی‌کربنات اتفاق می‌افتد نسبت داده می‌شود که با انتقال کم آهن و یا با غیرقابل حل کردن آهن در محلول محیط کشت که باعث صدمه به سنتز کلروفیل می‌شود همراه است (Bavaresco *et al.*, 1999).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های رویشی گلرنگ

Table 1- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on growth characteristics of safflower					
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
S.O.V	df	Shoot Length	Root Length	Shoot Dry weight	Root Dry weight
قلیائیت	6	126.107**	193.456**	3.842**	0.392**
Alkalinity					
رقم	1	130.38**	30.005 ^{ns}	2.433*	0.205*
Variety					
رقم × قلیائیت	6	6.596 ^{ns}	5.686 ^{ns}	0.363 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Variety × Alkalinity					
خطا	28	10.55	8.224	0.593	0.033
Error					
ضریب تغییرات		6.2	11.2	19.7	22.7
C.V (%)					

**، * در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**، * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

نشان دادند (جدول ۲). به طور کلی رقم ۴۱۱ نسبت به رقم دیگر برتری داشت (جدول ۲). کاهش وزن خشک ساقه و ریشه در شرایط تنش در آفتابگردان نیز گزارش شده است (Liu *et al.*, 2010). همچنین Li *et al.*, 2010 کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه یونجه را در شرایط تنش قلیائیت مشاهده کردند.

وزن خشک ساقه و ریشه به طور معنی‌داری تحت تأثیر قلیائیت و رقم قرار گرفتند (جدول ۱). یک روند کاهشی با افزایش تنش قلیائیت در وزن خشک اندام هوایی و ریشه مشاهده گردید. به طوری‌که در بالاترین سطح تنش (۶۰ میلی‌مولار) وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب کاهش ۴۷/۶۴ و ۶۵/۴۱ درصدی

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های رویشی گلرنگ

Table 2- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on growth characteristics of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	طول ساقه Shoot Length (cm)	طول ریشه Root Length (cm)	وزن خشک ساقه Shoot Dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root Dry weight (g)
0	59.5 a	35.20 a	4.83 a	1.2 a
10	55.45 b	29.29b	4.54 a	0.99 ab
20	52.75 bc	27.87bc	4.31 ab	0.93 bc
30	52.79bc	25.16cd	4.23 abc	0.74 cd
40	50.25 cd	22.91de	3.54 bc	0.72 cd
50	47.20 d	19.37f	3.38 cd	0.65 d
60	46.45 d	19.58ef	2.53 d	0.41 e
رقم Variety				
411	53.82 a	26.47 a	4.15 a	0.87 a
صفه Sofeh	50.29 b	24.78 a	3.67 b	0.73 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد. Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

گزارش گردید. مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس محتوای کربوهیدرات کل و پرولین تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفت (جدول ۳). تنش قلیائیت به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان کربوهیدرات کل و پرولین را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان کربوهیدرات کل در غلظت‌های ۶۰ میلی‌مولار مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با غلظت ۵۰ میلی‌مولار نداشت. کمترین میزان آن مربوط به تیمار بدون تنش (شاهد) بود که تفاوت معنی‌داری با سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار نداشت. همچنین بیش‌ترین میزان پرولین در سطح ۶۰ میلی‌مولار مشاهده گردید و کمترین میزان این صفت مربوط به سطح شاهد می‌باشد (جدول ۴).

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس پتانسیل عملکرد کوانتوم و شاخص کارایی فتوسنتز تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفتند (جدول ۳). پتانسیل عملکرد کوانتوم و شاخص کارایی فتوسنتز با افزایش قلیائیت یک روند کاهشی نشان دادند (جدول ۴). علت کاهش F_v/F_m در شرایط تنش قلیائیت تجمع زیاد یون سدیم و هم‌چنین pH بالا بیان شده است که سبب ممانعت نوری شده و در نتیجه فعالیت فتوسنتز II را کاهش می‌دهد (Guo et al., 2011). هم‌چنین گزارش شده است که غلظت‌های بالای قلیائیت با ناپدیدشدن F_m همراه است که نشان‌دهنده نقص دستگاه PII می‌باشد (Schreiber et al., 1971). کاهش شاخص کارایی فتوسنتز تحت شرایط تنش قلیائیت توسط سایر محققان مانند Baghre and Roosta, 2012 نیز

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ

Table 3- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on the physiological characteristics of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	F_v/F_m	PI	کربوهیدرات کل Total Carbohydrates	پرولین Proline	مالون‌دی‌آلدئید Malonaldehyde
قلیائیت Alkalinity	6	0.052**	2.4**	3.628**	0.259**	0.017**
رقم Variety	1	0.003 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.014 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.001 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.388 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
خطا Error	28	0.003	0.028	13.958	0.006	0.004
ضریب تغییرات C.V(%)		9.5	13.0	14.1	14.9	10.8

**، * در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار
**، * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ

Table 4- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on physiological characteristics of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	F _v /F _m	PI	کربوهیدرات کل (Total carbohydrates mg.gFW ⁻¹)	پرولین (mg.gFW ⁻¹)Proline	مالون‌دی‌آلدئید Malonaldehyde (Mm cm ⁻¹)
0	0.78 a	2.39a	4.09d	0.28e	0.51d
10	0.67 b	1.81b	4.42cd	0.39d	0.54cd
20	0/66 b	1.51c	4.48cd	0.39d	0.56bcd
30	0.63 bc	1.02d	4.72cd	0.49c	0.58bcd
40	0.57 cd	0.98de	5.22bc	0.68b	0.60abc
50	0.55 de	0.81ef	5.67ab	0.64b	0.62ab
60	0.49 e	0.637f	6.28a	0.88a	0.67a
رقم Variety					
411	0.63 a	1.32a	4.99a	0.54a	0.60a
صفه Sofeh	0.61 a	1.27a	4.98a	0.53a	0.57a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد. probability level, using LSD test Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at %5

۵). با افزایش تنش قلیائیت میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b کاهش پیدا کرد در حالی که میزان کاروتنوئید افزایش یافت (جدول ۶). مطابق با نتایج این مطالعه، میزان کلروفیل در گندم (Yang et al., 2008a) و پریوش (Catharanthus roseus) (Valdez Aguilar and Reed, 2007) نیز تحت تیمار بی‌کربنات سدیم کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. هم‌چنین کاهش در میزان کلروفیل برگ‌های گونه‌ای از یونجه (*Medicago ruthenica*) با افزایش تنش قلیائیت گزارش شده است (Yang et al., 2011). تنش قلیائیت احتمالاً سبب رسوب یون منیزیم شده و بدین‌طریق از سنتز کلروفیل جلوگیری می‌کند. هم‌چنین آن ممکن است فعالیت آنزیم کلروفیلاز را افزایش داده و منجر به تجزیه کلروفیل گردد (Shi and Zhao, 1997). تنش قلیائیت از طریق افزایش غلظت یون کربنات و افزایش pH باعث تخریب کلروپلاست و در نتیجه کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌شود (Valdez Aguilar, 2004).

سدیم پایین و پتاسیم بالا در سیتوسول برای نگه‌داری از تعدادی از فرایندهای آنزیمی ضروری است (Munns and Tester, 2008). نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد میزان سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی تنها تحت تأثیر قلیائیت اثر معنی‌داری داشت (جدول ۷). افزایش قلیائیت سبب کاهش معنی‌دار میزان پتاسیم اندام هوایی گردید و میزان پتاسیم گیاهان شاهد نسبت به بالاترین سطح قلیائیت افزایش ۵۰/۸ درصد داشت (جدول ۸). با افزایش تنش قلیائیت غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۸). با افزایش تنش قلیائیت میزان پتاسیم در ساقه‌های خمر (*Lathyrus quinquenervius*) کاهش می‌یابد در حالی که میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در آن‌ها افزایش می‌یابد (Zhang and Chun-Sheng, 2009).

افزایش میزان پرولین در شرایط تنش قلیائیت در سایر گیاهان مانند شاه توت (*Morus alba* L.) (Ahmad and Sharma, 2010)، گندم (*Triticum aestivum*) (Yang et al., 2008a) و جو (*Hordeum vulgare*) (Yang et al., 2009a) نیز گزارش شده است. Yang et al., 2009a بیان کردند که در شرایط تنش قلیائیت، تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین، بتائین و قندهای محلول در داخل واکوئل یک راهبرد اصلی برای گیاهان در برقراری دوباره هموستازی سلولی است. گیاهان با روش‌های گوناگونی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند. تجمع مواد سازگار مثل قندهای محلول و پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشاهای سلول در برابر غلظت بالای یون‌های معدنی می‌شود (Ahmad and Sharma, 2010). تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که تجمع پرولین به‌عنوان یک پاسخ عمومی گیاهان تحت تنش شوری و قلیائیت است (Yang et al., 2008b). به‌نظر می‌رسد در این آزمایش گیاه با تجمع کربوهیدرات‌های کل و پرولین به تنش قلیائیت واکنش نشان داده است.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میزان مالون‌دی‌آلدئید تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش تنش قلیائیت میزان مالون‌دی‌آلدئید یک روند افزایشی داشت (جدول ۴). مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان محصول نهایی اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در غشاء سلولی تولید می‌شود. تنش اکسیداتیو سبب افزایش در محتوای مالون‌دی‌آلدئید می‌گردد (Weber et al., 2004).

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر قلیائیت بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b و کاروتنوئید معنی‌دار شد. اثر رقم تنها بر میزان کلروفیل a و کلروفیل a+b معنی‌دار بود و رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر اثر متقابل قلیائیت و رقم قرار نگرفتند (جدول

جدول ۵- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر رنگی‌های فتوسنتزی گلرنگ

Table 5- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on photosynthetic pigments of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	کاروتنوئید Carotenoid
قلیائیت Alkalinity	6	0.045**	0.1188**	0.286**	0.020**
رقم Variety	1	0.075**	0.0012 ^{ns}	0.09*	0.004 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.008 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
خطا Error	28	0.008	0.008	0.016	0.001
ضریب تغییرات (%) C.V		14.8	14.2	10.1	18.2

**، * در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار
**، * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر رنگی‌های فتوسنتزی گلرنگ

Table 6- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on photosynthetic pigments of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹)	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg.g ⁻¹)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g ⁻¹)
0	0.72 a	0.92 a	1.65 a	0.14 d
10	0.69 a	0.75 b	1.44 b	0.16 cd
20	0.68 a	0.64 bc	1.33 bc	0.19 cd
30	0.66 ab	0.61 cd	1.27 cd	0.19 c
40	0.57 bc	0.56 cd	1.13 de	0.24 b
50	0.53 c	0.55 cd	1.09 e	0.26 ab
60	0.50 c	0.52 d	1.03 e	0.30 a
		رقم Variety		
411	0.66 a	0.66 a	1.32 a	0.22 a
صفه Sofeh	0.58 b	0.65 a	1.23 b	0.20 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.
Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test

جدول ۷- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر محتوای یونی اندام هوایی گلرنگ

Table 7- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on the ion content of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	سدیم Na	پتاسیم k	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
قلیائیت Alkalinity	6	10.32**	7.91**	2.805**
رقم Variety	1	1.33 ^{ns}	2.028 ^{ns}	0.002 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.28 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.178 ^{ns}
خطا Error	28	0.639	0.498	2.947
ضریب تغییرات (%) C.V		12.3	14.2	21.8

**، * در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار
**، * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر محتوای یونی اندام هوایی گلرنگ
 Table 8- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on the ion content of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/k
0	4.70 d	6.a 24	0.776 e
10	5.53 cd	6.00 ab	0.904 de
20	5.70 bc	5.ab 51	1.06 de
30	6.32 b	5.bc 19	1.27 d
40	7.62 a	4.61 c	1.66 c
50	7.60a	3.73 d	2.08 b
60	8.14 a	3.17 d	2.64 a
رقم Variety			
411	6.67 a	5.14 a	1.49 a
صفه Sofeh	3.31 a	4.70 a	1.48 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.
 Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using LSD test

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه افزایش تنش قلیائیت بر تمامی صفات مربوط به رشد رویشی گیاه گلرنگ تأثیر کاهنده‌ای داشت. همچنین در شرایط تنش قلیائیت پتانسیل عملکرد کوانتوم، میزان کلروفیل و پتاسیم کاهش پیدا کرد، در حالی که تنش قلیائیت موجب افزایش محتوی کربوهیدرات کل، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، کاروتنوئید، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه گلرنگ گردید. در بین دو رقم مورد مطالعه رقم ۴۱۱ رشد رویشی و میزان کلروفیل بیشتری نسبت به رقم صفه داشت. با این وجود هر دو رقم عکس‌العمل یکسانی به تنش قلیائیت نشان دادند.

هم‌چنین محققین مشاهده کردند که تنش قلیائیت سبب کاهش پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در ساقه‌های گندم می‌گردد و میزان سدیم را افزایش می‌دهد (Yang et al., 2009b). افزایش تجمع سدیم در ساقه ممکن است به علت کاهش در جریان Na^+ باشد. در شرایط تنش قلیائیت، کمبود پروتون‌های خارجی ممکن است فعالیت تبادلناقلین Na^+/H^+ را روی غشای پلازما کاهش دهد که تجمع Na^+ را در بافت‌های زنده افزایش می‌دهد (Munns and Tester, 2008).

نتیجه‌گیری

References

- Ahmad, P., and Sharma, S. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under $NaHCO_3$ Stress. International Journal of plant Production 4(2): 1735-6814.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 4: 1-150.
- Baghre, V., and Roosta, H. R. 2012. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate (alkalinity stress) on some varieties of cabbage in a hydroponic system. Environmental stresses Journal of Crop Science 5: 67-70. (In Persian without English Abstract)
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, F.D. 1973. Rapid determination of free proline from water stress studies. Plant and Soil 39:205-207.
- Bavaresco, L., Giachino, E. and Colla, R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. Journal of Plant Nutrition 22: 1589-1597.
- Campbell, S. A. and Nishio, J. N. 2000. Iron deficiency studies of sugar beet using an improved sodium bicarbonate-buffered hydroponic growth system. Journal of Plant Nutrition 23: 741-757.
- De Vos, C., Schat, H., De Waal, M., Vooijs, R. and Ernst, W. 1991. Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant *silene cucubalus*. Plant Physiology 82: 523-528.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Reber, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annual Chemistry 28: 350-356.
- Guo, R., Zhou, J., Hao, W., Gong, D., Zhong, X., Gu, F., Liu, Q., Xia, X., Tian, J. and Li, H. 2011. Germination, growth, photosynthesis and ionic balance in *Setaria viridis* seedlings subjected to saline and alkaline stress.

- Canadian Journal Plant Science 91: 1077-1088.
10. Khajeh puor, M. R. 2004. Industrial plants, Isfahan University Press
 11. Li, R.L., Shi, F.C., Fukuda, K. and Yang, Y. L. 2010. Effects of salt and alkali stresses on germination, growth, photosynthesis and ion accumulation in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Soil Science and Plant Nutrition* 56: 725-7336.
 12. Liu, J., Guo, W.Q. and Shi, D.C. 2010. Seed germination, seedling survival, and physiological response of sunflowers under saline and alkaline conditions. *Photosynthetica* 48(2): 278-286.
 13. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681
 14. Nikolic, M. and Kastori, R. 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. *Journal of Plant Nutrition* 23: 1619-1627.
 15. Pearce, R.C., Li, Y. and Bush, L.P. 1999. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: float system. *Journal of Plant Nutrition* 22: 1079-1090.
 16. Rao, P.S., Mishra, B., Gupta, S.R. and Rathore, A. 2008. Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes. *Plant Breeding* 127: 256-261.
 17. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
 18. Schreiber, U., Bauer, R. and Frank, U.F. 1971. p. 169-179. In: G. Forti, M. Avron and A. Melandri (ed.), *Proceedings of the 2nd International Congress on Photosynthesis*. Junk, The Hague,
 19. Shi, D.C. and Zhao, K.F. 1997. Effects of NaCl and Na₂CO₃ on growth of *Puccinellia tenuiflora* and on present state of mineral elements in nutrient solution. *Acta pratacu* 6: 51-61.
 20. Shi, D.C. and Wang, D. 2005. Effects of various salt-alkali mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag. *Plant and Soil* 271: 15-26.
 21. Valdez Aguilar, L.A. 2004. Effect of alkalinity in irrigation water on selected greenhouse crops. Ph.D. thesis. Texas A&M University.
 22. Valdez Aguilar, L. A. and Reed, D.W. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. *Journal of Plant Nutrition* 30: 441-452.
 23. Valdez Aguilar, L. A. and Reed, D.W. 2008. Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean under high alkalinity. *Journal of Plant Nutrition* 31: 867-883
 24. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Der lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis. A series of sillabi. Part 7. Plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University.
 25. Weber, H., Chetelat, A., Reymond, P. and Farmer, E.E. 2004. Selective and powerful stress gene expression in *Arabidopsis* in response to malondialdehyde. *Plant Journal* 37: 877-888.
 26. Yang, C., Chong, J., Kim, C., Li C., Shi, D. and Wang, D. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkaline resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to saline and alkaline conditions. *Plant Soil* 294: 263-276.
 27. Yang, C.W., Wang, P., Li C.Y., Shi, D. C. and Wang, D. L. 2008a. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat. *Photosynthetica* 46(1): 107-114
 28. Yang, C.W., Shi, D.C. and Wang, D.L. 2008b. Comparative effects of salt and alkali stresses on growth, osmotic adjustment and ionic balance of an alkali-resistant halophyte *Suaeda glauca* (Bge.). *Plant Growth Regulation* 56:179-190.
 29. Yang, C., Xu, H., Wang, L., Liu, J., Shi, D. and Wang, D. 2009a: Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants. *Photosynthetica* 47: 79-86-
 30. Yang, C.W., Zhang, M. L., Liu, J., Shi, D. C. and Wang, D. L. 2009b. Effects of buffer capacity on wth,photosynthesis, and solute accumulation of a glycophyte (wheat) and a halophyte (*Chloris virgata*). *Photosynthetica* 47: 55-60.
 31. Yang, J.Y., Zheng, W., Tian, Y., Wu, Y. and Zhou, D.W. 2011. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. *Photosynthetica* 49: 275-284.
 32. Zhang, J. T., and Chun-Sheng, M. U. 2009. Effects of saline and alkaline stresses on the germination, growth, photosynthesis, ionic balance and anti-oxidant system in an alkali-tolerant leguminous forage *Lathyrus quinquenervius*. *Soil Science and Plant Nutrition* 55: 685-697.

Effect of Alkaline Stress on Some Morphophysiological Characteristics of Two Varieties of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Sh. Bemany Golnabadi¹- B. Mahdavi^{2*} - B. Torabi²

Received: 03-02-2015

Accepted: 17-06-2015

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important oilseed crop grown throughout the semiarid regions in many parts of the world. It has been cultivated for its oil and flowers and as a meal. Alkaline stress is caused by alkaline salts such as Na_2CO_3 or NaHCO_3 in the soil. Alkaline stress, is widespread environmental constraint affecting crop productivity, which can inhibit absorption of inorganic anions such as Cl^- , NO_3^- and $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$, greatly affect the selective absorption of K^+ - Na^+ , and break the ionic balance. However, under alkali stress, accumulation of compatible solutes, such as betaine, proline and soluble sugar into the vacuole are considered as the basic strategies for plant re-established cellular homeostasis. Some reports have clearly demonstrated that alkaline salts (NaHCO_3 and Na_2CO_3) are more destructive to plants than neutral salts (NaCl and Na_2SO_4). Moreover, the salt-alkali stress can directly damage plant growth, alter the availability of nutrients and disrupt the balance of ions and mineral nutrition. The objective of this study was to investigate the effects of alkaline stress on growth and some physiological characteristics of safflower.

Materials and Methods

This study was conducted in a greenhouse in Vali-e-Asr University of Rafsanjan as factorial arrangement in completely randomized design with three replications. Experimental factors included alkaline stress in 7 levels (0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 mM) and two varieties of safflower (Sofeh and 411). Seeds were planted in pots filled with perlite and cocopite (1:1). The pots were irrigated with a nutrient solution with half strength Hoagland's solution. After the fourth true leaves appeared, alkaline stress in the pot was created by adding NaHCO_3 , to half strength Hoagland's solution. Control plants were only irrigated with half strength Hoagland's solution. Plants were harvested after 40 days of seed sowing. After forty days, shoot and root height, shoot and root dry weight, F_v/F_m , PI, proline, total carbohydrate, malondialdehyde content, chl, chb, total chlorophyll, carotenoid content, potassium, sodium content and sodium to potassium rate were measured.

Results and Discussion

Result showed that with increasing alkaline stress, decreased shoot and root height, shoot and root dry weight. A similar result had observed previously in sugar beet. Researches have indicated that plants respond to elevated NaHCO_3 concentrations in soil or in growing medium solution with decreased shoot and root growth. This could be due to either HCO_3^- or Na^+ . Many of the data test showed high pH as a key factor in limiting plant growth and development under alkaline conditions. 411 variety showed superiority compared to Sofeh cultivar in mentioned characteristics. Also, F_v/F_m and PI decreased under alkaline stress condition, whereas proline, total carbohydrate and malondialdehyde content increased. Also, the increases in proline and total carbohydrate content were reported in wheat under alkaline stress condition. Baghre and Roosta (2012) reported that F_v/F_m values and PI reduced under alkalinity stress.

In the present experiment, alkaline stress decreased chl, chb and total chlorophyll whereas it increased carotenoid content. Yang *et al.*, (2009a) concluded that in alkalinity stress, the contents of Chl and Car in the barley plants decreased sharply with increased stress in comparison to salinity stress. They also stated that high pH might decrease contents of photosynthetic pigments. Potassium content decreased under alkaline stress condition whereas sodium and sodium to potassium rate increased. Also, Zhang and Chun-Sheng (2009) reported that with increasing alkaline stress, potassium content decreased in *Lathyrus quinquenervius* whereas,

1- MSc Student of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

2- Assistant of Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

(*- Corresponding Author Email: b.mahdavi@vru.ac.ir)

sodium content and sodium to potassium rate increase. In wheat stems, a decrease in potassium content and potassium to sodium rate and an increase in sodium content were also observed. A high-pH environment surrounding the roots can cause metal ions and phosphorus to precipitate, with loss of normal physiological functions of roots and destruction of root cell structure.

Conclusions

Result showed that alkaline stress decreased shoot and root height, shoot and root dry weight, whereas proline, total carbohydrate and malondialdehyde content increased. Also, with increasing alkaline stress F_v/F_m , PI, cha, chb, total chlorophyll and potassium content decreased whereas carotenoid content, sodium and sodium to potassium rate increased. 411 variety showed superiority compared to Sofeh cultivar in growth characteristics, cha, total chlorophyll. Also, both cultivars showed same reaction under alkaline stress.

Keywords: Ion content, Photosynthetic pigments, Proline, Stress