Iranian Journal of Plant Biology, Vol. 13, No. 2, Summer 2021

Investigation of some biochemical responses to salt stress in edible onion (*Allium cepa* L.) cultivars

Zahra Hosseini[1], Mohammadreza Zare-Bavani[1*], Ahmad Zare[2]

[1.] Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.

[2.] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.

Abstract

Onion is considered as a salt-sensitive plant, however, tolerance to salt seems to be cultivar-dependent and the genotypic responses have not been extensively investigated. In order to evaluate some biochemical responses of six cultivars of onions with different salinity tolerance, a factorial experiment in completely randomized design with two factors include: cultivars (six cultivars of onions) and different levels of salinity (1.2, 3.7, 6.1, 8.5 and 11 dS/m) with three replications carried out in a water culture system. The results showed that the type of physiological response to salinity was cultivar-dependent. In all cultivars, the chlorophyll a, b, total chlorophyll and total carotenoids significantly decreased and proline significantly increased under salt stress. Reductions in photosynthetic pigmentation were observed among all cultivars, but the decrease was higher in sensitive cultivars (Behbahan and Karaj). Susceptible cultivars showed more increase in proline content than tolerant cultivars in stress conditions. The amount of soluble sugars and leaf protein in tolerant cultivars increased, whereas in other cultivars decreased significantly. Total phenol increased in low salinity and decreased with increasing salinity while this reduction in tolerant cultivars (Isfahan and Azarshahr) was less than semi-tolerant (Harsin and P.S) and semi-tolerant was less than susceptible ones. Correlation between stress tolerance index and yield and biochemical indices showed a positive and very significant correlation between salt tolerance index with yield, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids and soluble sugars, and a very significant negative correlation with proline. In general, the results showed that the physiological responses could be used to select more tolerant cultivars.

Keywords: Carotenoids, Chlorophyll, Protein, Proline, Soluble sugar, Total phenol

* Corresponding Author: mzarebavani@asnrukh.ac.ir

Copyright©2021, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

DOI. 10.22108/IJPB.2021.118177.1160

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال سیزدهم، شمارهٔ چهل و هشتم، تابستان ۱۴۰۰، صفحهٔ ۱۱۸-۱۰۱
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱
تاریخ بررسی مجدد: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴
مقاله پژوهشی

بررسی برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی به تنش شوری در ارقام پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.)

زهرا حسینی[۱]، محمدرضا زارع بوانی[۱*]، احمد زارع[۲]
[۱]. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران
[۲]. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران

چکیده
پیاز یک گیاه حساس به شوری است، بااین‌حال به نظر می‌رسد تحمل به شوری وابسته به رقم بوده و پاسخ ژنوتیپی به‌طور گسترده بررسی نشده است. به‌منظور ارزیابی برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی شش رقم پیاز خوراکی با تحمل به شوری متفاوت آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت فاکتوریل با دو عامل رقم (شش رقم) و سطوح مختلف شوری (۱/۲، ۳/۷، ۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) با سه تکرار در سیستم آبکشت اجرا شد. نتایج نشان داد که نوع واکنش‌های فیزیولوژیک نسبت به شوری وابسته به رقم بود. در تمامی رقم‌ها در مواجه با تنش کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کل کاهش و پرولین افزایش معنی‌داری داشتند. کاهش در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در بین تمام رقم‌های مشاهده شد، اما میزان کاهش در رقم‌های حساس (بهبهان و کرج) بیشتر بود. رقم‌های حساس در شرایط تنش افزایش بیشتری در میزان پرولین نسبت به رقم‌های متحمل داشتند. همچنین، میزان قندهای محلول و پروتئین برگ در رقم‌های متحمل افزایش و در سایر رقم‌ها کاهش معنی‌دار نشان داد. میزان فنل کل در شوری پایین افزایش و سپس با افزایش شوری کاهش یافت که این کاهش در رقم‌های متحمل (اصفهان و آذرشهر) کمتر از نیمه‌متحمل (هرسین و پی اس) و نیمه‌متحمل کمتر از حساس بود. همبستگی بین شاخص تحمل تنش با شاخص‌های بیوشیمیایی نشان داد که شاخص تحمل شوری با کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و قندهای محلول همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار و با پرولین همبستگی منفی بسیار معنی‌دار وجود داشت. در کل، نتایج نشان داد که می‌توان بر اساس پاسخ‌های فیزیولوژیک اقدام به گزینش رقم‌های متحمل‌تر کرد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، پرولین، فنل کل، قندهای محلول، کلروفیل، کاروتنوئید

* نگارندهٔ مسؤول: نشانی پست الکترونیک: mzarebavani@asnrukh.ac.ir ، شمارهٔ تماس: ۰۶۱۳۶۵۲۴۳۳۴

Copyright©2021, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

مقدمه

پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) از مهم‌ترین سبزی‌های خوراکی است که از نظر وسعت کشت و مصرف در جهان پس از سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی سومین و در ایران پس از سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و هندوانه چهارمین سبزی مهم است (FAO, 2016). این گیاه بومی ایران است و بیش از ۳۲۰۰ سال پیش از میلاد شناخته شد. پیاز نه تنها اهمیّت غذایی بالایی در بین مردم ایران و جهان دارد، بلکه در درمان بیماری‌هایی مانند: آسم، صرع، برونشیت مزمن، دیابت، بیماری‌های پوستی، سرطان و ... نیز کاربرد دارد (Ghodrati, *et al.*, 2013).

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای غیرزیستی است که تهدیدی جدی برای امنیت غذایی است و تأثیرگذاری مهمی بر زندگی انسان در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد، به‌طوری‌که در حال حاضر تقریباً در تمامی این مناطق، کشت‌های تحت آبیاری در معرض شوری قرار دارند و این مشکل هرساله با تغییرات آب‌وهوایی و مدیریت ضعیف سیستم‌های آبیاری افزایش می‌یابد (Ghaffari-Moghaddam *et al.*, 2019; Al-Ashkar *et al.*, 2019). ایران با دارا بودن اقلیم گرم و خشک از این قاعده مستثنا نیست، به‌طوری‌که بیش از نیمی از زمین‌های قابل‌کشت آن (در حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شوری و سدیمی تشکیل‌شده است (Sayyari and Mahmoodi, 2002). شوری بر جنبه‌های مختلف رشد گیاهان اثر گذاشته و موجب کاهش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک می‌شود. خسارت شوری در گیاهان باعث ایجاد تنش یونی و اسمزی، کاهش میزان آب، اثر سمّیت و اختلال در جذب عناصر غذایی می‌شود (Munns and Tester, 2008). پاسخ گیاهان به تنش شوری متفاوت بوده و به گونه، رقم، میزان سمّیت، پتانسیل اسمزی نمک و مدت‌زمان تنش بستگی دارد (Darakhi *et al.*, 2014).

گیاه پیاز حساس به شوری است و حد آستانه تحمل به شوری در این گیاه ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر با شیب کاهش عملکرد ۱۶ درصد به ازای هر واحد افزایش هدایت الکتریکی بالاتر از حد آستانه است (Maas and Grattan, 1999). در گزارش Khodadadi (۲۰۰۲) نمک کلرید سدیم باعث کاهش شاخص‌های رشدی و افزایش میزان پرولین در رقم‌های پیاز خوراکی شده است. Faghfourian و Taheri (۲۰۱۲) با بررسی تحمل نسبی توده‌هایی از پیاز خوراکی رقم محلی اصفهان در سطوح مختلف شوری نشان دادند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش شاخص‌های رشدی و میزان کلروفیل شد. تحقیقات Malik و همکاران (۱۹۸۲) در هندوستان بر واکنش ۳۰ رقم پیاز خوراکی با تیمارهای ۴، ۷/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر شوری، حاکی از کاهش معنی‌دار صفات رشد گیاهی و افزایش تولید پرولین و قندها با افزایش غلظت شوری بود. Jamshidvand و همکاران (۲۰۱۳) آثار سطح مختلف شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فیزیولوژیک پیازهای بومی ایران شامل سفید کاشان، درچه اصفهان، هرسین و سفید قم را بررسی کردند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد با افزایش شوری میزان کلروفیل و کاروتنوئید در تمامی رقم‌های کاهش یافته است.

باتوجه‌به افزایش جمعیت جهان و نیاز به غذا و آب، در تولید محصولات کشاورزی با کمبود منابع

آب‌وخاک مواجه خواهیم شد. بنابراین، استفاده از خاک‌ها و آب‌های نامناسب و شور امری غیرقابل‌اجتناب خواهد بود (Rezaei, *et al*., 2017). بهبود تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های هر محصول یک راهبرد بسیار مؤثر برای کاهش آثار منفی تنش شوری بر تولید محصولات نسبت به سایر فعالیت های زراعی است (Al-Ashkar *et al*., 2019). لازمه اصلاح و بهبود تحمل به تنش در گیاهان داشتن درک درستی از فیزیولوژی کل گیاه در مقابل تنش است. تحقیقات نشان داده است که زمانی که به دنبال اصلاح گیاهانی با عملکرد بهتر برای شرایط تنش هستیم، شاخص‌های فیزیولوژیک می‌توانند نسبت به شاخص‌های زراعی و یا ارزیابی ظاهری مؤثرتر واقع شوند (Ashraf and Harris, 2004). تغییر در برخی ترکیبات بیوشیمیایی مانند رنگیزه‌های گیاهی، پرولین، ترکیبات فنلی، قندهای محلول و غیره در تعدادی از گیاهان زراعی همبستگی بالایی با تنش شوری نشان داده‌اند (Ashraf and Harris, 2013; Parida and Das, 2005; Arzani and Ashraf 2016; Demiral and Türkan, 2006).

بررسی آثار شوری بر صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژ یک رقم های پیاز برای درک آ ثار تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه و شناسایی مکانیسم‌های مهم تحمل به‌کار رفته در گیاه پیاز ضروری است. تاکنون پژوهشی در زمینه مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک رقم‌های مختلف پیاز خوراکی با تحمل به شوری متفاوت و بررسی قابل اتکا بودن این شاخص‌های فیزیولوژیک برای تشخیص رقم‌های متحمل و حساس به شوری در پیاز خوراکی انجام نگرفته است. به همین علت در این پژوهش عملکرد و برخی پا سخ‌های بیو شیمیایی شش رقم پیاز خوراکی با سطوح مختلف تحمل به شوری ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شش رقم پیاز خوراکی (رقم اصفهان، قرمز آذرشهر، هرسین، پی‌اس، بهبهان و کرج) و عامل دوم پنج سطح شوری (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) که هدایت الکتریکی محلول‌های غذایی به‌ترتیب برابر ۱/۲، ۳/۷، ۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. این پژوهش در محیط‌کشت هیدروپونیک (آب‌کشت) در مجتمع گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، در سال ۱۳۹۶ انجام شد. ابتدا بذرهای استفاده‌شده در سینی‌های نشا (بستری از پرلیت) کشت گردیدند. پس از جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه از هر رقم، گیاهچه‌های یک اندازه و مشابه از نظر شرایط رویشی انتخاب و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب، گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک منتقل شد. از محلول غذایی هوگلند تغییریافته برای تغذیه گیاهان استفاده شد (Hosseini, 2019). پس از انتقال و استقرار نشاها در محیط هیدروپونیک، تنش شوری با اضافه کردن مقادیر لازم از کلرید سدیم به محلول غذایی برای هر تیمار اعمال شد. دمای گلخانه بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد کنترل شد. در طول دوره رشد هر روز اسیدیته و هدایت الکتریکی محلول غذایی به وسیله pH متر و EC متر پورتابل (مدل Cond, pH-3110، شرکت WTW، آلمان)

به‌صورت روزانه تنظیم شد. برای جلوگیری از شوک اسمزی اعمال تیمارها به‌صورت تدریجی و با اضافه کردن ۱۲/۵ میلی‌مولار آب‌نمک در هر ۱۲ ساعت یک‌بار (روزانه ۲۵ میلی‌مولار) انجام شد. در پایان آزمایش، گیاهچه‌ها از محیط‌کشت خارج شدند و به‌طور تصادفی گیاهچه‌هایی از هر تکرار انتخاب و پس از شستشویی ریشه‌ها قسمت‌های مختلف گیاه (ریشه، سوخ و برگ) تفکیک شد (شکل ۱). آماده‌سازی و کشت بذرها از ابتدای آبان‌ماه ۱۳۹۶ آغاز شد و برداشت گیاهان تا اواخر اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷ به‌مدت هفت‌ماه ادامه داشت. از بافت تازه برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین و پروتئین و از نمونه‌های خشک‌شده در آون در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به‌مدت ۴۸ ساعت نیز برای اندازه‌گیری فنل کل و کربوهیدرات استفاده شد.

شکل ۱- مراحل مختلف تحقیق از کاشت تا برداشت گیاهان

Figure 1- Different stages of the research from planting to harvesting of plants

شاخص تحمل به تنش (Salt Tolerance Index)، طبق رابطه (۱) محاسبه شد (Hosseini, 2019).

رابطه ۱: شاخص تحمل به تنش (STI)

$$(Y_s \times Y_p) / (\bar{Y_p})^2$$

در این رابطه Y_p = عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش، Y_s = عملکرد سوخ در شرایط تنش، $\bar{Y_p}$ = میانگین عملکرد کل سوخ‌ها در شرایط بدون تنش است. برای تعیین عملکرد سوخ، وزن‌تر سوخ‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت سه رقم اعشار اندازه‌گیری شد.

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید ۰/۱ گرم از نمونه برگ با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس میزان جذب عصاره‌ها در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل T80+UV/VIS، شرکت PG Instruments، انگلستان) اندازه‌گیری شد و از رابطه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ برای محاسبه میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی استفاده شد (Lichtenthaler, 1987).

رابطه ۲:

$$\text{Chl a (mg/g)} = \{0.0127\ (A_{663}) - 0.00269\ (A_{645})\} \times 100/w$$

رابطه ۳:

$$Chl\ b\ (mg/g) = \{0.0229\ (A_{645}) - 0.00468\ (A_{663})\} \times 100/w$$

رابطه ۴:

$$Total\ Chl = Chl\ a + Chl\ b$$

رابطه ۵:

$$Caretonoids = 1000\ (A_{470}) - 2.270\ Chla - 81.4\ Chl\ b/227$$

در رابطه‌های یادشده W: وزن‌تر بافت نمونه (برحسب میلی‌گرم)، A_{663}، A_{645} و A_{470} به‌ترتیب میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر است.

برای اندازه‌گیری پرولین مقدار صد میلی‌گرم بافت تازه برگی با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول ۵- سولفو سالیسیک اسید ۳ درصد عصاره گیری شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۱۰۰ میکرولیتر از محلول ۵- سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد، ۲۰۰ میکرولیتر اسید استیک (گلاسیال) و ۲۰۰ میکرولیتر از معرف نین‌هیدرین مخلوط گردید و به‌مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۶ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از توقف واکنش، یک میلی‌لیتر تولوئن به نمونه‌ها اضافه شد و به‌مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. جذب محلول رنگی حاصل در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. میزان پرولین در هر نمونه بر اساس منحنی استاندارد محاسبه و برحسب میکرومول در گرم وزن‌تر بیان شد (Bates *et al.*, 1973).

برای تعیین میزان فنل کل، یک گرم از نمونه خشک پودر شده به‌وسیله ۱۰ میلی‌لیتر از متانول سرد خالص عصاره‌گیری شد. میزان ۱۲۵ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۳۷۵ میکرولیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول معرف فولین سیوکالتیو ۱۰ درصد برای ۶ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد. سپس ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد و هر نمونه به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی قرار داده شد و پس‌ازآن میزان جذب محلول در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید. میزان فنل کل بر اساس منحنی استاندار اسید گالیک محاسبه و برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد (Hosseini, 2019).

برای سنجش میزان قندهای محلول ۱۰۰ میلی‌گرم وزن‌خشک از هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتانول ۸۰ درصد داغ عصاره‌گیری شد. به ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۱ میلی‌لیتر محلول فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد و مخلوط حاصل به‌مدت یک دقیقه ورتکس و ۱۵-۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. سپس میزان جذب نمونه‌های آماده‌شده در طول موج ۴۹۰ نانومتر قرائت گردید. میزان قندهای محلول بر اساس منحنی استاندارد و برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک نمونه محاسبه شد (Dubois *et al.*, 1956).

برای اندازه‌گیری پروتئین برگ ۰/۲۵ گرم نمونه با یک میلی‌لیتر بافر فسفر پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=7) حاوی نیم میلی‌مولار اتیلن دی‌امین ترا استات و پلی‌وینیل پلی‌پیرولیدون (۲٪) عصاره‌گیری شد. برای سنجش پروتئین، ۱۰ میکرولیتر عصاره با ۴۰ میکرولیتر بافر استخراج و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول برادفورد برای ۱۵ ثانیه ورتکس و به‌مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر قرائت گردید. میزان پروتئین نمونه‌ها بر اساس منحنی استاندارد

آلبومین سرم گاوی محاسبه و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر بیان شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، برآورد همبستگی پیرسون بین صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد. مقایسات میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات ساده و برهمکنش رقم و تیمارهای شوری بر شاخص‌های بیوشیمیایی رقم‌های پیاز خوراکی مطالعه‌شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین، تنها اثرات ساده شوری و رقم در شاخص تحمل به تنش اختلاف بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات رقم و تیمارهای شوری بر شاخص‌های بیوشیمیایی شش رقم پیاز خوراکی

Table 1- The variance analysis of cultivar and salinity effects on biochemical indices of six onion cultivars

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)							
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	فنل کل	قندهای محلول	پروتئین
رقم	۵	۲/۲۵**	۲/۰۲**	۸/۴۱**	۰/۸۶**	۱۲۳۳۲/۸۲**	۶/۱۸**	۱۶/۸۷**	۰/۳۰**
سطوح شوری	۴	۱۹/۸۸**	۱۴/۸۲**	۶۷/۷۷**	۱۱/۲۳**	۲۳۱۲۲/۱۰**	۴۰/۰۶**	۶۷/۱۴**	۰/۰۲**
رقم × شوری	۲۰	۰/۵۲**	۰/۳۵**	۱/۴۹**	۰/۰۹**	۱۲۱۴/۳۵**	۰/۶۶**	۳/۱۷**	۰/۰۵**
خطا	۶۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۲	۱۷/۶۹	۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (٪)		۶/۰۶	۶/۴۵	۳/۸۳	۶/۷۹	۶/۷۲	۱۲/۸۱	۱۱/۴۴	۱۱/۴۸

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ را نشان می‌دهد.

**: significant at 0.01 probability level.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات رقم و تیمارهای شوری بر شاخص تحمل تنش در شش رقم پیاز خوراکی.

Table 2- The variance analysis of cultivar and salinity effects on stress tolerance index in six onion cultivars.

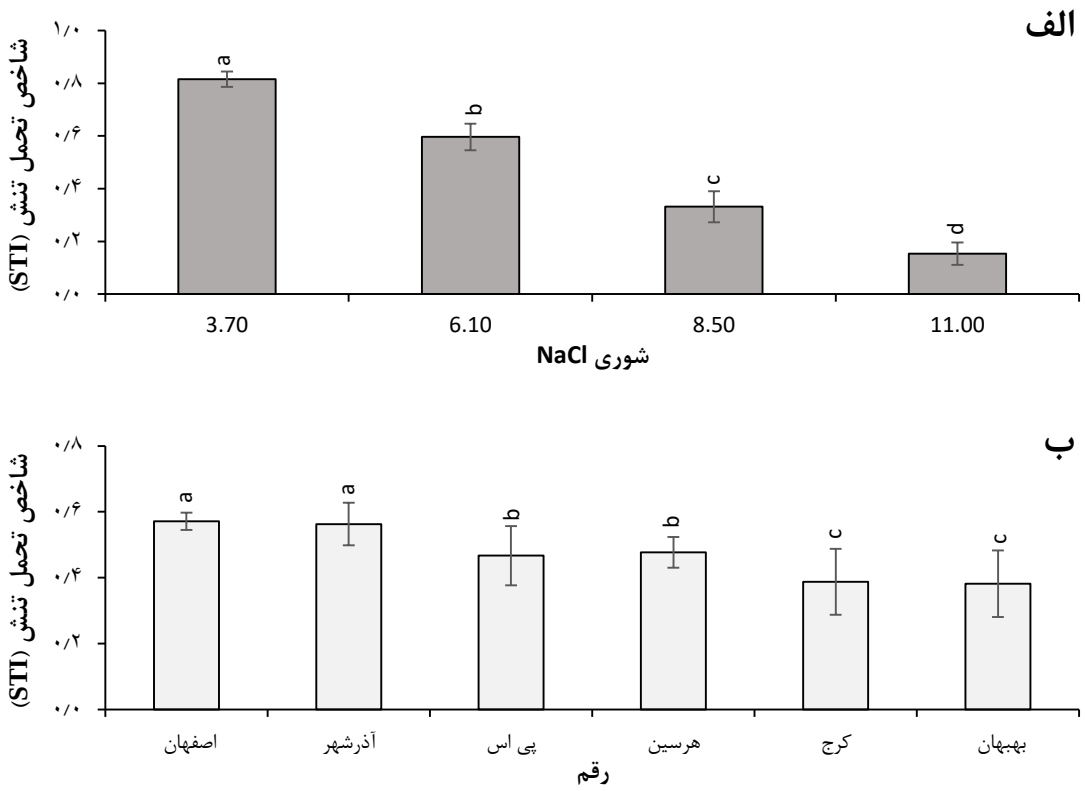
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)
		شاخص تحمل تنش
رقم	۵	۰/۰۸۱**
سطوح شوری	۳	۱/۵۲۵**
رقم × شوری	۱۵	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطا	۴۸	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۸/۳۸

^{ns} و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم سطح معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ است.

^{ns} and **: non-significant and significant at 0.01 probability level, respectively.

شاخص تحمل به تنش (STI)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمامی رقم‌های مطالعه شده با افزایش سطوح شوری، میزان STI کاهش معنی‌دار داشت (شکل ۲-الف) اما در کل رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر بیشترین مقادیر STI را نسبت به چهار رقم دیگر داشتند و مقدار STI در رقم‌های هرسین و پی‌اس بیشتر از رقم‌های کرج و بهبهان بود (شکل ۲-ب).



شکل ۲- اثرات ساده سطوح مختلف شوری (الف) و رقم (ب) بر شاخص تحمل به تنش. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح $p \leq ۰/۰۵$ با آزمون LSD هستند.

Figure 2 - A and B, respectively, the simple effects of different salinity levels (A) and cultivars (B) on stress tolerance index. Values are the average of three replications ± standard deviation. Different letters indicate a significant difference at the level of $p \leq 0.05$ with LSD test.

کلروفیل

مقایسه میانگین اثرات سطوح شوری بر کلروفیل a، b و کل (میلی‌گرم در گرم وزن‌تر)در شش رقم پیاز خوراکی نشان داد که میزان کلروفیل a، b و کل در تمامی رقم‌ها با افزایش سطوح شوری کاهش معنی‌دار داشت. همچنین، این کاهش در تمام رقم‌ها یکسان نبود و در رقم‌های اصفهان و قرمز آذر شهر نسبت به سایر رقم‌ها به میزان کمتری کاهش یافت و در رقم‌های پی‌اس و هرسین نیز در سطوح بالای شوری ۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به رقم‌های بهبهان و کرج کاهش کمتری داشت. میزان کاهش در کلروفیل کل در رقم‌های متحمل ۲۵ تا ۳۰ ٪ در تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر

بود، در حالی که در رقم های حساس ۷۰ تا ۷۵٪ کاهش مشاهده شد (شکل ۳-الف، ب و پ).

کاروتنوئیدها

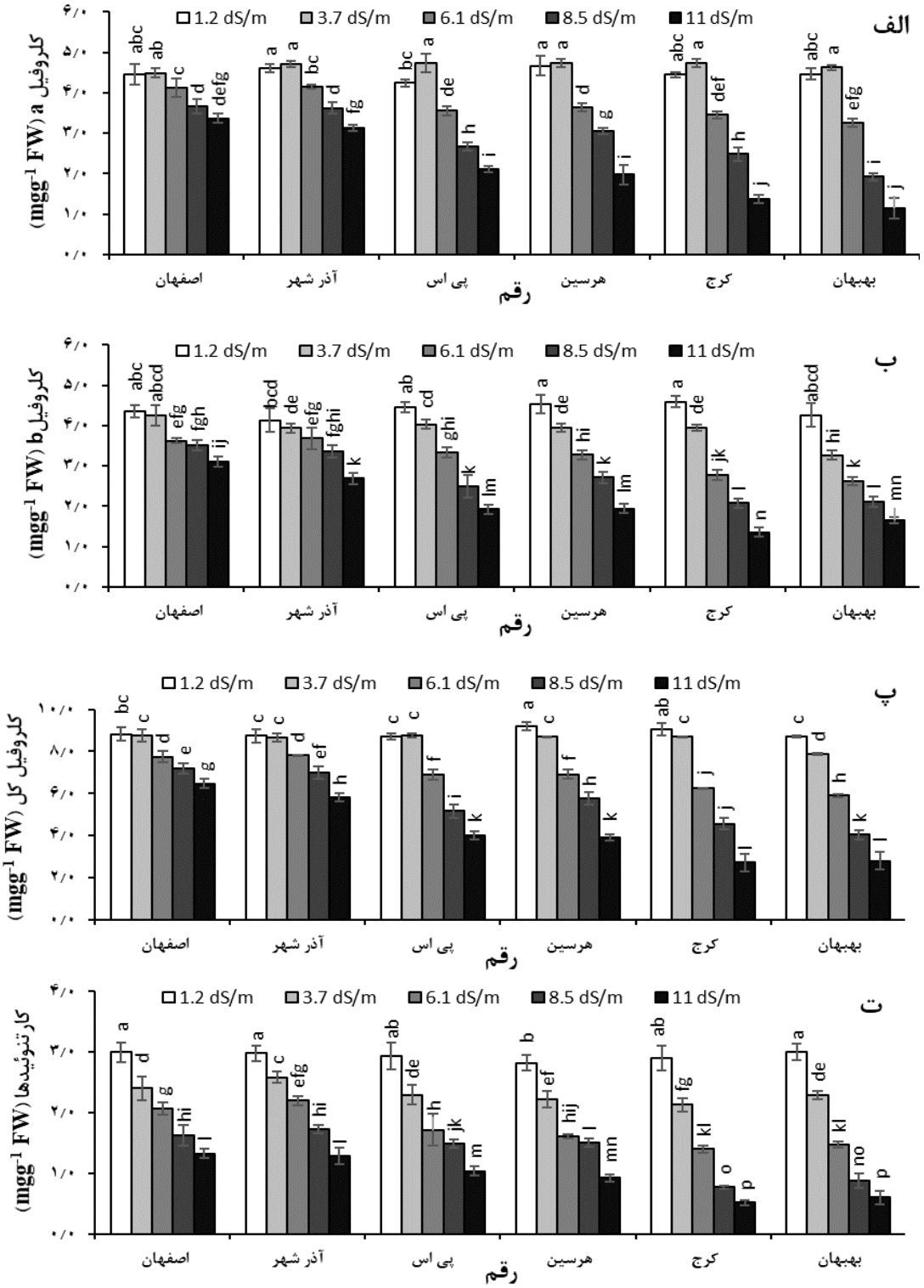
میزان کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در شش رقم پیاز خوراکی با افزایش میزان شوری کاهش معنی‌دار داشت. کاهش میزان کاروتنوئید در تمام رقم‌ها یکسان نبود و به‌ترتیب رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر نسبت به رقم‌های پی‌اس و هرسین و رقم‌های پی‌اس و هرسین نسبت به رقم‌های بهبهان و کرج میزان بالاتری از کارتنوئید ها را داشتند و همچنین، در سطوح بالای شوری اختلاف بین رقم‌ها بیشتر گردید. میزان کاهش در کاروتنوئید ها در رقم‌های متحمل حدود ۵۵ ٪ درتیمار ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد، درحالی‌که در رقم‌های حساس ۸۰٪ بود (شکل ۳-ت).

پرولین

افزایش میزان شوری موجب افزایش میزان پرولین (میکرومول درگرم وزن‌تر) در رقم های پیاز خوراکی موردمطالعه شد و این افزایش در تمامی رقم‌های مشاهده گردید، اما افزایش میزان پرولین در شرایط تنش شوری در تمام رقم‌های یکسان نبود، به این معنی که افزایش میزان پرولین در رقم‌های پیاز بهبهان و کرج در اثر شوری‌های بالا (۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ د سی‌زیمنس بر متر) نسبت به سایر رقم ها بیشتر بود و در رقم های اصفهان و قرمز آذرشهر افزایش کم‌تری نسبت به سایر رقم‌ها مشاهده گردید (شکل ۴-الف). میزان افزایش در پرولین در رقم‌های حساس ۶۰۰٪ درتیمار شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر بود، در حالی که در رقم های متحمل ۳۰۰٪ مشاهده شد.

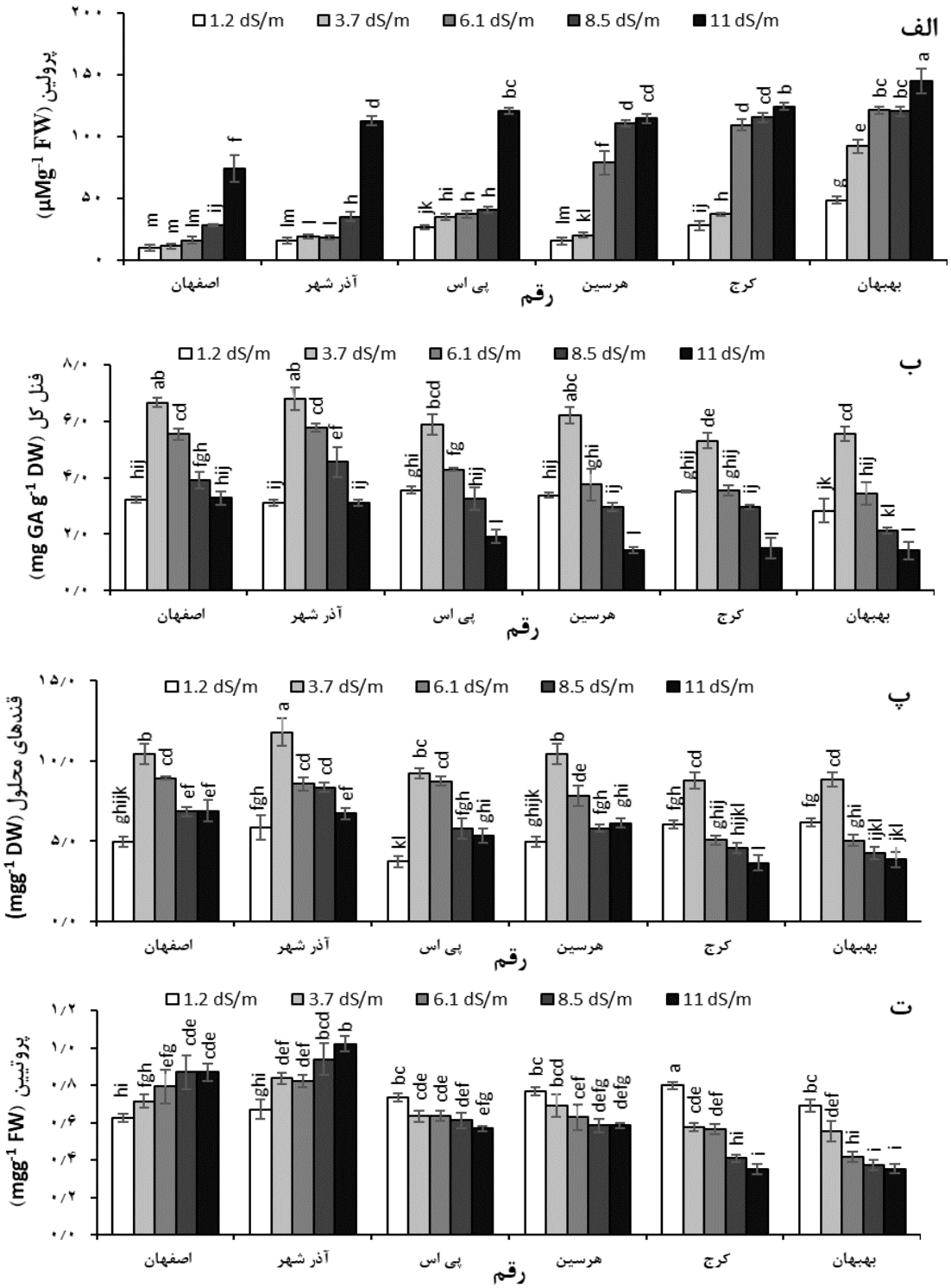
فنل کل

میزان فنل کل (میلی‌گرم اسید گالیک بر وزن خشک) با افزایش سطوح شوری در ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین افزایش معنی‌دار را در تمامی رقم ها نشان داد (۲۱۸ تا ۱۵۱٪)، اما این افزایش در رقم‌های پیاز اصفهان و آذرشهر بیشترین میزان را داشت. با افزایش بیشتر شوری در تیمارهای شوری ۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر میزان فنل کل در تمامی رقم‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد، ولی میزان کاهش در رقم‌های اصفهان و آذرشهر نسبت به رقم‌های هرسین و پی‌اس و رقم‌های هرسین و پی‌اس نسبت به رقم‌های بهبهان و کرج به میزان کم‌تری بود (شکل ۴-ب). در رقم‌های اصفهان و آذرشهر میزان فنل کل در شوری بسیار بالا (۱۱ د سی‌زیمنس بر متر) برابر تیمار شاهد گردید، اما در دیگر رقم‌ها به طور معنی‌داری به کمتر از میزان شاهد (حدود ۴۲٪) رسید (شکل ۴-ب).



شکل ۳- الف، ب، پ و ت به‌ترتیب تأثیر سطوح مختلف شوری بر میزان کلروفیل a، b، کل و کاوتنوئیدها در شش رقم پیاز خوراکی. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح p≤ ۰/۰۵ با آزمون LSD هستند.

Figure 3- A, B, C and D, respectively, the effect of different salinity levels on the amount of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and cartenoids in six onion cultivars. Values are the average of three replications± standard deviation. Different letters indicate a significant difference at the level of p ≤0.05 with LSD test.



شکل ۴- الف، ب، پ و ت به‌ترتیب تأثیر سطوح مختلف شوری بر میزان پرولین، فنل کل، قندهای محلول و پروتئین در شش رقم پیاز خوراکی. مقادیر، میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح p≤ ۰/۰۵ با آزمون LSD هستند.

Figure 4 - A, B, C and D, respectively, the effect of different salinity levels on the amount of proline, phenol, soluble sugars and protein in six onion cultivars. Values are the average of three replications± standard deviation. Different letters indicate a significant difference at the level of p ≤0.05 with LSD test.

قندهای محلول

شوری کم (۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر) میزان قندهای محلول را در تمامی رقم‌ها افزایش داد (۱۴۳ تا ۲۱۰٪). افزایش میزان قندهای محلول در شرایط تنش شوری کم در تمام رقم‌های یکسان نبود، به این معنی که افزایش قند های محلول در رقم های اصفهان و قرمز آذرشهر بیشترین میزان را داشت. در سطوح شوری بالا (۶/۱ تا ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) میزان قندهای محلول در تمامی رقم‌ها کاهش داشت، اما میزان کاهش قندهای محلول در رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر کمتر از رقم‌های هرسین و پی‌اس و رقم‌های هرسین و پی‌اس کمتر از رقم‌های کرج و بهبهان بود، به‌طوری که تنها در رقم های کرج و بهبهان در تیمارهای شوری ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر میزان قندهای محلول کمتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-پ).

پروتئین کل

نتایج اثرات سطوح شوری بر میزان پروتئین (میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) در رقم های مختلف پیاز خوراکی نشان داد که در رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر میزان پروتئین افزایش (۱۳۹ تا ۱۵۲٪) و در سایر رقم‌ها کاهش معنی‌دار (۲۳ تا ۵۶٪) داشت، به‌طوری‌که در رقم‌های هر سین و پی‌اس این کاهش کمتر و در رقم های کرج و بهبهان شدت کاهش بیشتر بود. اگرچه رقم کرج بیشترین میزان پروتئین را در شرایط بدون تنش داشت، اما با افزایش شوری با شیب تندتری میزان پروتئین آن کاهش یافت (شکل ۴-ت).

همبستگی بین شاخص‌های بیو شیمیایی با شاخص تحمل به تنش

بین شاخص تحمل به تنش با کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید ها، فنل کل و قند های محلول همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار و با پرولین همبستگی منفی بسیار معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). همچنین بین شاخص‌های کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، فنل کل، قندهای محلول و پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، اما تمام شاخص های یادشده با پرولین همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۲).

جدول ۳- همبستگی بین شاخص تحمل به تنش با برخی صفات فیزیولوژیک در شش رقم پیاز خوراکی با درجات تحمل به شوری متفاوت.

Table 3- Correlation between stress tolerance index and some physiological traits in six onion cultivars with different salinity tolerance.

	شاخص تحمل تنش	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها	پرولین	فنل کل	قندهای محلول
کلروفیل a	۰/۹۵**							
کلروفیل b	۰/۹۳**	۰/۹۶**						
کلروفیل کل	۰/۹۵**	۰/۹۹**	۰/۹۹**					
کاروتنوئیدها	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۴**	۰/۹۶**				
پرولین	-۰/۷۸**	-۰/۷۸**	-۰/۸۷**	-۰/۸۳**	-۰/۸۳**			
فنل کل	۰/۹۶**	۰/۹۵**	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	-۰/۸۵**		
قندهای محلول	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	-۰/۸۴**	۰/۹۲**	
پروتئین	۰/۳۶	۰/۵۴**	۰/۶۰**	۰/۵۷**	۰/۵۲**	-۰/۶۱**	۰/۴۹*	۰/۶۰**

ns، ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد است.

ns, *, **: non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

بحث

نتایج به دست‌آمده نشان داد که بر اساس شاخص تحمل به تنش رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر دارای تحمل بالاتری نسبت به رقم‌های دیگر بودند. همچنین، رقم‌های هرسین و پی‌اس با تحمل نسبی متوسط و رقم های کرج و بهبهان حساس به شوری ارزیابی شدند. نتایج پژوهش‌های دیگر محققین نیز نشان داده است که در بین رقم‌های پیاز از نظر تحمل به شوری تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شده است (Khodadadi, 2002; Faghfourian and Taheri, 2013). همچنین، Jamshidvand و همکاران (۲۰۱۳) نیز پیاز رقم اصفهان را جزو پیازهای متحمل به شوری ارزیابی کردند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داد. محققین در گذشته پیاز را در گروه حساس به شوری با هدایت الکتریکی آستانه برابر ۱/۲ تا ۱/۴ و شیب کاهش عملکرد ۱۶٪ تقسیم‌بندی کردند (Maas and Grattan, 1999). در پژوهش حا ضر، رقم‌های متحمل ا صفهان و قرمز آذر شهر با متو سط شاخص تحمل به تنش بالا (حدود ۶۰٪) (شکل ۲-B) شیب کاهش عملکرد کمتر از ۱۰ درصد داشتند که نشان‌دهنده تحمل بالاتر این ارقام به شوری است.

اثر سطوح شوری بر میزان کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئیدها در رقم های پیاز خوراکی با تحمل به شوری متفاوت (متحمل، نیمه‌متحمل و حساس) نشان داد که کلروفیل a و b و کلروفیل کل و کاروتنوئید ها در تمامی رقم ها با افزایش سطوح شوری کاهش معنی‌دار داشت، اما این کاهش در میزان شاخص‌های ذکرشده در تمامی رقم‌ها یکسان نبود و با افزایش حساسیت به تنش شوری بیشتر شد که نتایج به دست آمده با یافته‌های Khodadadi (۲۰۰۲)، Faghfourian و Taheri (۲۰۱۳) و Jamshidvand و همکاران (۲۰۱۳) در مورد کلروفیل a و b و کلروفیل کل با نتایج گزارش‌شده توسط Gomathi و Rakkiyap (۲۰۱۱)، Ashraf و Harris (۲۰۱۳) و Parida و Das (۲۰۰۵) درباره کاروتنوئیدها مطابقت دارد. همچنین، با نتایج دیگر محققین که اظهار دا شتند شدت کاهش رنگیزه‌های فتو سنتزی به میزان حسا سیت به شوری رقم و گیاه مورد نظر بستگی دارد، درباره کلروفیل برگ (Akram and Ashraf, 2011; Khan *et al.*, 2009) و کاروتنوئیدها (Gomathi and Rakkiyap, 2011) هم‌سو است. گزارش شده است که سدیم باعث تخر یب کلروفیل می‌شود و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ تحت تأثیر تنش شوری کاهش می یا بد (Parida and Das, 2005; Ashraf and Harris, 2013). همچنین، کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به‌علت تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن به سمت ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2017). هرچند تنش شوری میزان رنگیزه‌های را کاهش می‌دهد، اما این میزان کاهش بستگی به تحمل گونه گیاهی نیز خواهد داشت (Ashraf and Harris, 2013). برخی پژوهشگران کلروفیل را به‌عنوان شاخصی برای تحمل به شوری معرفی می کنند. درحالی‌که در بسیاری از پژوهش‌ها همبستگی معنی‌داری بین تحمل به شوری و میزان کلروفیل مشاهده نشده است (Gomathi and Rakkiyap, 2011; Ashraf and Harris, 2013).

نتایج به دست آمده درباره اثر سطوح شوری بر میزان پرولین نشان داد که در تمامی رقم‌ها با افزایش سطوح شوری میزان پرولین افزایش معنی‌دار دارد

که با نتایج تحقیقات Khodadadi (۲۰۰۲) و Malik و همکاران (۱۹۸۲) درباره پیاز خوراکی همسو است و با نتایج گزارش‌شده توسط Arvin و Kazemipour (۲۰۰۱) که مشاهده کردند میزان پرولین در برخی رقم‌های پیاز خوراکی تحت تنش شوری کاهش می‌یابد، مغایرت داشت. اطلاعات زیادی مبنی بر تجمع پرولین به‌عنوان پاسخ فیزیولوژیک رایج در بسیاری از گیاهان پرورش‌یافته در شرایط تنش‌های مختلف محیطی وجود دارد (Ashraf and Harris, 2004; Parida and Das, 2005). نقش پرولین در افزایش تحمل به تنش ها، در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است، ولی در استفاده از آن به‌عنوان شاخص تحمل، گزارش‌های ضدونقیضی وجود دارد (Arvin and Kazemipour, 2001). گیاهان راهکارهای مختلفی ازجمله مکانیسم‌های بیوشیمیایی را برای کاهش اثرات تنش شوری بر رشد ایجاد کرده‌اند (Arzani and Ashraf, 2016). برای مثال پرولین می‌تواند به‌عنوان حلال سازگار، محافظ اسمزی و یک محافظ برای آنزیم‌های سیتوزولی و اندامک‌های سلولی عمل کند. علاوه‌براین، پرولین می‌تواند منبع کربن و نیتروژن، تثبیت‌کننده غشاء و تسریع‌کننده برای رادیکال‌های آزاد (Verbruggen and Hermans, 2008) باشد. اگرچه برخی از محققین نشان داده‌اند که تحمل شوری در بسیاری از گونه‌های گیاهی با تجمع پرولین همراه است (Arzani and Ashraf 2016; Bazrafshan and Ehzanzadeh, 2016)، اما برخی دیگر از محققان نیز نشان داده‌اند که تجمع پرولین فقط در واکنش به تنش شوری است و در تنش شوری رقم‌های حساس مقدار بیشتری از پرولین را در مقایسه با ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری در خود جمع می‌کنند (Poustini *et al.*, 2007; Bavei *et al.*, 2011) که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد. احتمالاً در گیاه پیاز نیز در مواجهه با تنش میزان پرولین افزایش می یابد و نشان‌دهنده شدت تنش است، به‌طوری‌که بیشترین میزان افزایش پرولین در رقم‌های حساس (بهبهان و کرج) مشاهده شد.

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که شوری در سطوح پایین (۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر) موجب افزایش و در سطوح بالا (۶/۱، ۸/۵ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) کاهش میزان فنل کل در پیاز خوراکی می شود که با نتایج Falcinelli و همکاران (۲۰۱۷) هم‌سو است. Falcinelli و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که شوری در ابتدا موجب افزایش میزان ترکیبات فنلی در گیاه گندم شد، ولی در سطوح بالای شوری میزان ترکیبات فنلی کاهش یافت و در میان رقم‌ها تفاوت‌هایی مشاهده شد، به‌طوری‌که رقم حساس‌تر میزان افزایش کمتری در فنل کل نشان داد. تفاوت در میزان ترکیبات فنلی در رقم‌های مختلف تحت تنش شوری می‌تواند ناشی از تفاوت در میزان حساسیت به شوری در ارقام، میزان شوری و مرحله رشدی گیاهان باشد (Kim *et al.*, 2008; Falcinelli *et al.*, 2017). فنل‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدان نیرومندی در بافت های گیاهی تحت شرایط شوری هستند. این ترکیبات به‌علت ساختار اسکلتی نیز نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولیدی در شرایط تنش شوری خواهند داشت. به‌این ترتیب، ساختارهای سیتوپلاسمی و کلروپلاسمی را از تأثیرات منفی شوری محافظت کرده و همچنین، با

جلوگیری از عمل لیپوکسیژناز از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می‌کند (Mohamed and Aly, 2008).

نتایج این تحقیق نشان داد که قندهای محلول در سطوح پایین شوری در تمامی رقم‌ها افزایش و سپس با افزایش بیشتر شوری روند کاهشی داشتند، اما این روند کاهش بستگی به میزان تحمل رقم‌ها متفاوت بود، به‌طوری که با افزایش تحمل روند کاهش کندتر و برعکس با کاهش میزان تحمل به شوری روند کاهش قندهای محلول شدیدتر بود. Arvin و Kazemipour (۲۰۰۱) بیان داشتند که میزان قند در برگ های پیاز در رقم های مختلف تفاوت معنی‌داری داشته و افزایش و یا کاهش قند تحت تأثیر تنش از الگوی خاصی پیروی نکرده است. این محققین میزان تحمل رقم‌ها را در پژوهش خود مشخص نکرده بودند و تنها از یک سطح شوری (۴۵ میلی‌مولار کلرید سدیم) استفاده کرده بودند. احتمالاً این تفاوت ناشی از میزان تحمل رقم ها بوده است. در پژوهش حاضر نیز میزان قندهای محلول در شوری ۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر در رقم‌های متحمل بالاتر از میزان شاهد بود، ولی در رقم‌های حساس کمتر از شاهد بود که از این نظر با نتایج پژوهش Arvin و Kazemipour (۲۰۰۱) مطابقت دارد، ولی با یافته‌های Malik و همکاران (۱۹۸۲) که گزارش کردند شوری موجب افزایش قند ها در رقم های مختلف پیاز می‌گردد، همسو نیست. پژوهشگران افزایش قندهای محلول را در گیاهان تحت تنش را گزارش کرده‌اند و اظهار نموده‌اند که این افزایش ناشی از افزایش تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول، سنتز مواد اسمزی از مسیرهای غیر فتوسنتزی، توقف رشد، کاهش سرعت انتقال مواد و افزایش سنتز ساکارز به‌علت فعال‌سازی آنزیم ساکارز فسفرسنتاز است (Oliveira- Neto *et al.*, 2009). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در شرایط تنش میزان قندهای محلول افزایش می‌یابد و تجمع قندهای محلول در این شرایط به تنظیم اسمولاریته درون سلول‌های گیاه کمک می‌کند و موجب حفظ و نگهداری مولکول‌های زیستی و غشاها، ذخیره مواد کربنی و خنثی کردن رادیکال های آزاد می‌گردد (Parida and Das, 2005). تفاوت در میزان قندهای محلول در رقم های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در توانایی ارقام در تعدیل اسمزی باشد که ارقام متحمل‌تر با تجمع و نگهداری بیشتر قندهای محلول تنظیم اسمزی بهتری داشته و فشار تورگر لازم برای رشد در شرایط شوری را بهتر حفظ می‌کنند (Nemati *et al.*, 2011). همچنین، کاهش قندها در سطوح بالای شوری می‌تواند به‌علت مصرف قندها در سنتز متابولیت‌های دیگر مانند پرولین باشد (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2017).

نتایج به دست آمده درباره اثر سطوح شوری بر میزان پروتئین نشان داد که در رقم‌های متحمل میزان پروتئین افزایش و در ارقام نیمه‌متحمل و حساس کاهش یافت و شدت کاهش در رقم‌های حساس بیشتر بود. دمیرال و تورکان در گزارش خود عنوان نمودند که محتوای پروتئین‌های محلول کل در ژنوتیپ تحمل‌کننده شوری افزایش یافت، درحالی‌که در نوع حساس به شوری کاهش یافت (Demiral and Türkan, 2006) که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. همچنین، نتایج این پژوهش با

نتایج Arvin و Kazemipour (۲۰۰۱) که گزارش کردند میزان پروتئین در برخی رقم‌های پیاز خوراکی تحت تنش شوری به صورت افزایش و در برخی به صورت کاهشی بوده است، هم سو است. ازجمله رویدادهای مهم بیوشیمیایی در گیاهان تحت تنش شوری تغییراتی به صورت کاهش و یا افزایش پروتئین در گیاه بیان شده است (Arvin and Kazemipour, 2001). باتوجه به گزارش های یاد شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که سنتز پروتئین با درجه تحمل ژنوتیپ گیاه مرتب است (Demiral and Türkan, 2006). تنش‌های غیرزیستی معمولاً موجب عملکرد ناقص پروتئین‌ها می‌شوند (Joseph and Jini, 2010). تنش شوری سبب تغییرات کمّی و کیفی در میزان پروتئین های محلول سلول می‌شود. پروتئین‌هایی که در گیاهان طی تنش شوری افزایش می‌یابند، ممکن است شکل ذخیره‌ای از نیتروژن باشند که بعداً مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرند یا ممکن است در تطابق اسمزی نقش داشته باشند. همچنین، ممکن است موجب مصرف مجدد آنها برای سنتز پروتئین‌های شبه اسموتین یا پروتئین‌های ساختاری گردند، یا سبب تغییر ساختار دیواره سلولی شوند. این پروتئین‌ها ممکن است در پاسخ به تنش شوری سنتز شوند یا به‌صورت ساختاری در غلظت‌های اندک وجود داشته باشند (Parvaiz and Satyawati, 2008).

نتایج همبستگی بین ویژگی های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده با شاخص تحمل به تنش پیاز خوراکی نشان داد که رنگیزه‌های فتوسنتزی و فنل کل، قندهای محلول و پروتئین همبستگی مثبت و بسیار بالاو پرولین همبستگی منفی و بسیار معنی داری با شاخص تحمل به تنش داشتند، از این شاخص‌ها می‌توان برای گزینش رقم‌های متحمل به شوری استفاده نمود.

جمع‌بندی

لازمه بهبود مقاومت به تنش شوری داشتن درک درستی از فیزیولوژی کل گیاه در مقابل تنش است. هنگامی که غربال‌گری برای اجزای تشکیل‌دهنده صفات پیچیده انجام می‌گیرد، معیارهای فیزیولوژیک قادر به تأمین اطلاعات بیشتری نسبت به شاخص‌های زراعی و یا ارزیابی بصری است. در این پژوهش به‌وضوح تفاوت در برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی در رقم‌های پیاز خوراکی با تحمل به شوری متفاوت مشاهده شد. همچنین، همبستگی بالایی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده با شاخص تحمل به تنش در پیاز خوراکی به دست آمد که خود گواهی بر مؤثر بودن برخی شاخص‌های بیوشیمیایی برای ارزیابی تحمل به شوری در ارقام مختلف است. در کل رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان قندهای محلول به نظر شاخصی مناسب برای تفکیک و گزینش ارقام از نظر تحمل و حساسیت به شوری است. به‌عبارت‌دیگر، رقم‌های متحمل به شوری در پیاز خوراکی با داشتن مکانیسم‌هایی که باعث حفظ رنگیزه‌های فتوسنتزی و تعدیل اسمزی بهتر می‌گردد، قادر به تحمل بیشتر تنش شوری هستند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با مساعدت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شده است. بنابراین بدین وسیله از ایشان سپاسگزاری می‌شود.

References

Akram, M. S. and Ashraf, M. (2011) Exogenous application of potassium dihydrogen phosphate can alleviate the adverse effects of salt stress on sunflower. Journal of Plant Nutrition 34(7): 1041-1057.

Al-Ashkar, I., Alderfasi, A., El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., El-Kafafi, S. and Seleiman, M. F. (2019) Detecting salt tolerance in doubled haploid wheat lines. Agronomy 9(4): 211-237.

Arvin, M. J. and Kazemipour, N. (2001) Effects of salinity and drought stress on growth and chemical and biochemical composition of four onion cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology 5(4): 51-41.

Arzani, A. and Ashraf, A. (2016) Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. Critical Reviews in Plant Sciences 35: 146-89.

Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2013) Photosynthesis under stressful environments: an overview. Photosynthetica 51: 163-90.

Ashraf, M. P. J. C. and Harris, P. J. C. (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science 166(1): 3-16.

Bates, L., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bavei, V., Shiran, B. and Arzani, A. (2011) Evaluation of salinity tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using ion accumulation, proline, and peroxidase criteria. Plant Growth Regulation 64: 275-285.

Bazrafshan, A. H. and Ehsanzadeh, P. (2016) Evidence for differential lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in *Sesamum indicum* L. genotypes under NaCl salinity. Journal of Agricultural Science and Technology 18: 207-222

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Darakhi, G., Zamani, G. and Sayari, M. H. (2014) Effect of salinity stress on morphological characteristics of *Amarathus retrofelxus* L. In: The Third Conference on Seed Technology. Tehran, Iran (in Persian).

Demiral, T. and Türkan, I. (2006) Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany 56: 72-79.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28(3): 350-356.

Faghfourian, M. and Taheri, Q. (2013) Investigation of relative resistance of some onions landrace in various concentrations of NaCl. In: The 1st Nation Conference of Policies toward Sustainable Development, Agriculture, Natural Resources and Environment, Tehran, Iran (in Persian).

Falcinelli, B., Benincasa, P., Calzuola, I., Gigliarelli, L., Lutts, L. and Marsili, V. (2017) Phenolic content and antioxidant activity in raw and denatured aqueous extracts from sprouts and wheatgrass of Einkorn and Emmer obtained under salinity. Molecules 22: 1377-1390.

Ghaffari-Moghaddam, S., Sabouri, H., Gholizadeh, A. and Fallahi, H. (2019) Identification of QTLs associated with some (*Hordeum vulgare* L.) traits in a germination stage under salt stress conditions. Iranian Journal of Plant Biology 11(3): 79-94.

Ghodrati, M., Chaparzadeh, N. and Dilmaghani, K. (2013) Interactive effects of copper and ascorbic acid on some physiological characters in *Allium cepa* L.. Iranian Journal of Plant Biology 5(18): 37-52 (in Persian).

Gomathi, R. and Rakkiyap, P. (2011) Comparative lipid peroxidation, leaf membrane thermostability, and antioxidant system in four sugarcane genotypes differing in salt tolerance. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3: 67-74.

Hosseini, Z. (2019) Evaluation of salt tolerance in some cultivars of onion (*Allium cepa* L.). M.Sc. thesis, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran (in Persian).

Jamshidvand, E., Zinally, H., Sadr-Arhami, A. and Ebadian-Sharudani, A. (2013) Effects of different levels of salinity on germination and physiological traits of different Iranian onions cultivars. In: The 1st Nation Conference on Engineering, Agricultural Management, Environment and Sustainable Natural Resources, Hamedan, Iran (in Persian).

Joseph, B. and Jini, D. (2010) Proteomic analysis of salinity stress-responsive proteins in plants. Asian Journal of Plant Sciences 9: 307-313.

Khan, M. A., Shirazi, M. U., Khan, M. A., Mujtaba, S. M., Islam, E., Mumtaz, S. and Ashraf, M. Y. (2009) Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.

Khodadadi, M. (2002) Effect of salinity stress and seed preparation on morphological and physiological characteristics of Iranian onion cultivars. MSc thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (in Persian).

Kim, H. J., Fonseca, J. M. and Choi, J. H. (2008) Salt in irrigation water affects the nutritional and visual properties of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 3772-3776.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382.

Maas, E. V. and Grattan, S. R. (1999) Crop yields as affected by salinity. In: Agricultural drainage agronomy monograph (Eds. Skaggs, R. W. and van Schilfgaarde, J.) 55-108. ASA, Madison.

Malik, Y. S., Singh, K. and Pandita, M. L. (1982) Effect of salinity on quality of bulb and chemical composition of leaves in onion (*Allium cepa* L.) varieties. Haryana Journal of Horticultural Sciences 11: 226-230.

Mohamed, A. A. and Aly, A. A. (2008) Alterations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants grown under seawater salt stress. American-Eurasian Journal of Scientific Research 3(2): 139-146.

Movahhedi Dehnavi, M., Niknal, N., Behzadi, Y., Mohtashami, R. and Bagheri, R. (2017) Comparison of physiological responses of linseed (*Linum usitatissimum* L.) to drought and salt stress and salicylic acid foliar application. Iranian Journal of Plant Biology 9(3): 39-62 (in Persian).

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Revulotion of Plant Biology 59: 651-681.

Nemati, I., Moradi, F., Gholizadeh, S., Esmaeili, M. A. and Bihamta, M. R. (2011) The effect of salinity stress on ions and soluble sugars distribution in leaves, leaf sheaths and roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Plant, Soil and Environment 57(1): 26-33.

Oliveira- Neto, C. F. D., Lobato, A. K. D. S., Gonçalves-Vidigal, M. C., Costa, R. C. L. D., Santos Filho, B. G. D., Alves, G. A. R. and Lopes, M. S. (2009) Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit

during three growth stages. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(34): 588-593.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phytobiochemical responses of plants. Plant, Soil and Environment 54: 89-99.

Poustini, K., Siosemardeh, A. and Ranjbar, M. (2007) Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*Triticum Aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Genetic Resources and Crop Evolution 54: 925-934.

Rezaei, Y., Tavakoli1, A., Shekari, F., Nikbakht, J., Juhos, K. and M., Ansari. (2017) Effect of salinity stress on biochemical and physiological aspects of *Brassica napus* L. cultivars. Academia Journal of Agricultural Research 5(5): 110-116.

Sayyari, M. and Mahmoodi, S. (2002) An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan Province (Dizbad-e Pain Region). In: Proceeding of 17th WCSS, Thailand.

Verbruggen, N. and Hermans, C. (2008) Proline accumulation in plants: A Review. Amino Acids 35: 753-759.