

## تأثیر پرایمینگ بذر بر رشد رویشی، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و توزیع ماده خشک در رقم گلدشت گلرنگ در شرایط تنش شوری

سمیه زیبایی، اصغر رحیمی\* و حسین دشتی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۳)

### چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش شوری و پرایمینگ بر رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ، رقم گلدشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. تیمارها شامل پرایمینگ بذر در چهار سطح (بدون پرایمینگ، پرایمینگ با آب مقطر، پرایمینگ با کلرید سدیم و پرایمینگ با نترات کلسیم ۲۰ میلی‌مولار به مدت ۲۴ ساعت) و شوری در چهار سطح (صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع ساقه، سطح برگ و وزن خشک گل‌آذین کاهش معنی‌داری یافت. افزایش شوری، تسهیم ماده خشک را به‌طور معنی‌داری متأثر کرد. به‌طوری‌که با افزایش شوری، توزیع ماده خشک بیشتر به سمت ساقه و گل‌آذین بود. لیکن با کاهش توزیع ماده خشک به سمت ریشه و برگ‌ها همراه بود. با افزایش سطح شوری، نسبت ریشه به ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، که بیانگر انتقال بیشتر ماده خشک به ساقه در شرایط تنش شوری است. هر چند که افزایش شوری به‌طور معنی‌داری وزن خشک ریشه را کاهش داده بود. در شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، این رقم گلرنگ ماده خشک بیشتری را به ساقه در مقایسه با ریشه و برگ منتقل می‌کند. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر کاهش بیشتر محتوای کلروفیل برگ و عدد Spad در سطوح بالاتر شوری بود. سطح برگ و ارتفاع بوته تنها در شوری بیش از ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری نشان دادند. نتایج این پژوهش به‌طور کلی نشان داد که رقم گلدشت گلرنگ در مرحله رشد رویشی، به علت وجود برخی سازوکارهای مقاومت به تنش شوری در این گیاه، می‌تواند شوری تا سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر را با کاهش محسوس در وزن خشک ساقه و ریشه تحمل کند. هر چند تأیید دقیق این نتیجه نیازمند یک پژوهش مزرعه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص اسپد، تسهیم ماده خشک، پیش‌تیمار بذر

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، استادیار و دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rahimias@gmail.com

## مقدمه

افزایش روز افزون تنش شوری در سراسر جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است. شوری یکی از دلایل عمده کاهش عملکرد گیاهان زراعی و هم‌چنین کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد (۳). کریستین‌سن (۵) در سال ۱۹۸۲ برآورد نموده است که از ۱۴ میلیارد هکتار زمین‌های کشاورزی مورد استفاده زارعین در دنیا، حدود ۱/۴ میلیارد هکتار دارای مشکل شوری و ۶ میلیارد هکتار در مناطق خشک و نیمه خشک واقع هستند. در برخی از کشورها نظیر ایران، پاکستان و هندوستان، نسبت بیشتری از اراضی تحت شرایط تنش شوری قرار دارند. حدود ۱۲٪ از کل مساحت ایران به‌صورت کشت و آیش و به منظور تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود. گفته می‌شود که نزدیک به ۵۰٪ این سطح زیر کشت به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیائیت و غرقابی بودن روبرو می‌باشند. پیش‌بینی می‌شود این میزان تا ۷۵٪ کل اراضی فاریاب کشور پیشروی کند (۳). شوری خاک به دلیل جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی به درون گیاه، یکی از محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود و به عنوان مشکل بزرگ کشاورزی، به‌ویژه کشاورزی فاریاب، گزارش شده است (۳). گیاهان زراعی، به‌جز تعداد کمی از آنها، بهترین رشد خود را در غلظت‌های کم نمک به انجام می‌رسانند.

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی یکساله، از خانواده مرکبان (*Asteraceae*) به عنوان یک گیاه متحمل به شرایط نامساعد محیطی مانند کم‌آبی و شوری شناخته می‌شود. این گیاه بومی قسمت‌هایی از آسیا، خاورمیانه و آفریقا است که در گذشته برای استفاده از گل‌هایش کشت می‌شده است و امروزه این گیاه بیشتر برای استخراج روغن کشت می‌شود (۱۴). مقاومت گلرنگ به شوری بیشتر از گندم و کمتر از جو است. گلرنگ از نظر مقاومت به شوری و قابلیت تولید محصول در شرایط فاریاب پس از جو، چغندر قند و پنبه قرار دارد، ولی در شرایط دیم شبیه جو است (۶ و ۱۴). جوانه‌زنی و استقرار سریع گیاهچه دو عامل بحرانی برای تولید محصول تحت

شرایط تنش شوری هستند و در اکثر گونه‌های زراعی، جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه از مهم‌ترین مراحل حساس به تنش شوری است. در سال‌های گذشته تلاش‌های زیادی برای بهبود شرایط جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر و گیاهچه برای کاشت در محیط‌های پرتنش انجام شده است. یکی از روش‌های پیشرفته، استفاده از فناوری پیش‌تیمار (پرایمینگ) بذر با آب است که با این روش می‌توان قدرت جوانه‌زنی و رویش بذر را در شرایط برخورد با تنش افزایش داد (۷ و ۹). از مزایای این فناوری می‌توان به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، خروج یکنواخت‌تر و سریع‌تر گیاهچه‌ها، پیشرفت بلوغ و افزایش یکنواختی استقرار گیاهچه، تحمل دماهای وسیع برای جوانه‌زنی، اصلاح سلول آسیب‌دیده، حذف خفتگی، بهبود کیفیت محصول، مقاومت به شرایط نامساعد محیطی در هنگام کاشت و افزایش قدرت نمو گیاه اشاره کرد (۱۲). تحقیقات متعدد نشان داده که پیش‌تیمار بذر قبل از کاشت توسط زارعین، بخصوص در شرایط نامساعد محیطی و بستر نامطلوب بذر، می‌تواند جوانه‌زنی و رشد و نمو را در ابتدای دوره زیستی بهبود بخشیده و باعث استقرار هر چه بهتر گیاهچه شود. این امر سبب استفاده مطلوب‌تر گیاه از نهاده‌های مطلوب شده و در نهایت می‌تواند سبب افزایش کمی و کیفی محصول گردد (۲۰). مسأله شوری و شور شدن زمین‌های تحت زیر کشت گیاهان زراعی و ضرورت استفاده از این زمین‌ها برای تولید محصول، متحمل بودن گلرنگ به شوری و هم‌چنین تأثیر مثبت پرایمینگ بر جوانه‌زنی و استقرار سریع گیاهچه تحت شرایط تنش، انگیزه‌ای گردید تا در یک روش آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل شده، امکان ارزیابی سریع و نسبتاً دقیق رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه گلرنگ، رقم گلدشت، تحت شرایط تنش شوری فراهم گردد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به‌صورت فاکتوریل

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 سلسیوس به مدت ۳۰-۲۴ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن اندام هوایی و ریشه، وزن خشک این اندام‌ها براساس واحد گرم تعیین شد. میزان آب نسبی (RWC) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۴):

$$\text{RWC} = \frac{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}}{\text{وزن تازه برگ} - \text{وزن آماسیده برگ}} \times 100$$

[۱]

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل از روش لیختن‌تالر و ول‌برن (۱۱) و با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با متانول استفاده شد. میزان جذب نور عصاره تهیه شده نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۶ نانومتر و ۶۵۳ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و در نهایت غلظت کلروفیل a و b با استفاده از روابط زیر براساس واحد میکرومول بر میلی‌گرم وزن تر برگ محاسبه شد:

$$\text{Chla} = 653(A_{666}) - 65/15 \quad [2]$$

$$\text{Chlb} = 27/05(A_{653}) - 11/21(A_{666}) \quad [3]$$

که Chla میزان کلروفیل a، Chlb میزان کلروفیل b و A قرائت دستگاه در طول موج مورد نظر می‌باشد. اندازه‌گیری Spad (شاخص میزان کلروفیل) با استفاده از دستگاه Spad-502 انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین ضرایب همبستگی صفات در سطح احتمال ۵٪ به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۸/۲ انجام گرفت. ضرایب همبستگی صفات در سطح احتمال ۵٪ و مقایسه میانگین داده‌ها نیز به طریق آزمون دانکن انجام شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Excel نسبت به رسم نمودارها اقدام گردید.

## نتایج و بحث

### الف) وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط سطوح مختلف شوری،

در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پرایمینگ در چهار سطح (شاهد، پرایمینگ با آب مقطر، پرایمینگ با کلرید سدیم با پتانسیل اسمزی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و پرایمینگ با نترات کلسیم با غلظت ۲۰ میلی‌مولار) و چهار سطح شوری (صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. بستر کشت شامل کوکوپیت، پرلیت و ماسه بادی بود که به ترتیب به نسبت ۱:۲:۱ با هم مخلوط و در گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۵ لیتر ریخته شدند. برای اعمال تیمارهای پرایمینگ، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول نترات کلسیم، کلرید سدیم و آب مقطر به‌طور مجزا در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس بذرهای پرایم شده با آب مقطر شسته و خشک گردیدند و بلافاصله در عمق حدود ۱/۵ سانتی‌متری در گلدان‌های پلاستیکی در اسفندماه سال ۱۳۸۸ کشت شدند.

از زمان کشت بذر تا قبل از مرحله ظهور اولین برگ حقیقی، آبیاری با آب مقطر صورت گرفت. بعد از خروج اولین برگ حقیقی تا مرحله ۴ برگی، آبیاری با محلول غذایی هوگلند انجام شد. از مرحله ۴ برگی به بعد، جهت اعمال شوری، از محلول هوگلند با هدایت الکتریکی تیمار مورد نظر استفاده گردید. غلظت‌های نمک با استفاده از کلرور سدیم در محلول غذایی هوگلند تهیه و به‌صورت تدریجی، بعد از عمل تنک و نگهداری ۴ بوته در هر گلدان و بسته به مرحله رشدی گیاه، هفته‌ای ۲ الی ۳ مرتبه به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر به گلدان‌ها اضافه شد تا غلظت حداکثر اعمال شود. اندازه‌گیری صفات مختلف آزمایشگاهی حدود ۳۵ روز بعد از اعمال بیشترین غلظت نمک (مرحله تشکیل طبق) صورت گرفت، که شامل اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، وزن خشک طبق، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی و در نهایت بررسی توزیع ماده خشک در گیاه بودند. سطح برگ، پس از جدا شدن برگ‌ها از بوته به وسیله دستگاه سنجش سطح برگ براساس واحد سانتی‌مترمربع مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای

برگ، که در واقع کاهش در سطوح فتوستتزی می‌باشد، خود می‌تواند یکی از عوامل کاهش وزن خشک گیاه باشد.

#### ب) وزن خشک ریشه

سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه داشت. لیکن اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر وزن خشک ریشه معنی‌دار نبود. اثر متقابل دو عامل شوری و پرایمینگ بر این شاخص معنی‌دار نشد (جدول ۱). با افزایش شوری، وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به گونه‌ای که با کاربرد شوری‌های ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۱۲ و ۱۵ درصد و با کاربرد شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، ۳۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. مقایسه روند کاهش وزن خشک ریشه تحت تأثیر تیمار شوری نشان داد که سطح پایین شوری وزن خشک ریشه را به میزان بیشتری کاهش داد و بین سطح شاهد و سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲) این امر بیانگر این مطلب است که شوری‌های ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر که وزن ریشه را نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۰ و ۴۰ درصد کاهش داده‌اند، از نظر آماری اثر مشابهی بر میزان وزن خشک ریشه داشته‌اند. علت کاهش وزن خشک ریشه با افزایش شوری، می‌تواند به خاطر اثرهای منفی پتانسیل اسمزی زیاد محلول خاک باشد که باعث کاهش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود و در نهایت منجر به کاهش رشد ریشه و بخش هوایی می‌گردد (۹ و ۱۳). همچنین کاهش وزن خشک ریشه را می‌توان به کاهش سطح برگ و تعداد برگ نسبت داد (۲، ۴ و ۹). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌داری که میانگین وزن خشک ریشه با میانگین وزن خشک اندام هوایی و میانگین سطح برگ داشت (جدول ۳) می‌توان چنین تعبیر نمود که شوری با کاهش در میزان سطح برگ گیاه، باعث کاهش در میزان سطوح فتوستتزی شده، که به تبع آن کاهش در سنتز کربوهیدرات‌ها را به دنبال دارد و در نهایت باعث کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد.

وزن خشک اندام هوایی (برگ و ساقه) را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد و اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری کاهش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که با کاربرد سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین وزن خشک برگ به‌ترتیب ۱۰، ۳۱ و ۵۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. همچنین کاربرد شوری‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین وزن خشک ساقه را به‌ترتیب ۱۴، ۴۰ و ۵۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. هر چند که تفاوت معنی‌داری بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر وجود نداشت (جدول ۲). این امر می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که بیشترین اثر تخریبی یون سدیم بر بافت سلولی گیاه، در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. به نظر می‌رسد که کاهش پتانسیل آب توسط کلرید سدیم و با افزایش قابل توجه غلظت یون‌های سدیم و کلر و تأثیر آنها بر توازن عناصر غذایی، از مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد گیاه گلرنگ باشند. کاهش وزن خشک اندام هوایی در نتیجه افزایش شوری می‌تواند به تعداد کمتر برگ و سطح کوچکتر برگ‌ها نسبت داده شود. این یافته‌ها با نتایج تریسی و همکاران (۲۳) که کاهش تعداد و سطح برگ گیاه جو را در شرایط تنش شوری گزارش کردند، هم‌خوانی دارد. قسیم (۱۸) عنوان نمود که با افزایش شوری، وزن تر برگ گیاه کلزا کاهش یافت، و دلیل این امر را افزایش یون سدیم در اندام هوایی گیاه می‌داند.

میانگین وزن خشک اندام هوایی (برگ و ساقه) همبستگی مثبت و معنی‌داری با میانگین تعداد برگ در بوته و میانگین سطح برگ داشت. یکی از دلایل کاهش رشد گلرنگ در این پژوهش، می‌تواند ناشی از افزایش یون سدیم در محیط ریشه و پیرو آن کاهش جذب یون پتاسیم و سایر عناصر مورد نیاز گیاه باشد. در همین رابطه، جوشی (۹) نیز کمبود پتاسیم ناشی از ازدیاد سدیم و به طبع آن کاهش رشد و عملکرد برخی گیاهان زراعی را گزارش کرده است. کاهش در تعداد برگ و سطح

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر پارامترهای رشد گلرنگ

میانگین مربعات											
وزن طبق	تعداد برگ	تعداد ساقه	ارتفاع ساقه	ارتفاع برگ	سطح برگ	نسبت وزن ریشه ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۰۳**	۳/۳ <sup>ns</sup>	۰/۳	۲۵۰۳**	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۰*	۰/۰۱۰*	۰/۰۱۰*	۰/۰۱۰*	۰/۰۱۰**	۳	تکرار
۰/۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۶/۶*	۸/۴ <sup>ns</sup>	۴۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۳	پرایمینگ
۰/۰۰۲*	۵۷/۴*	۳۴/۷**	۳۲۹۵**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳۸**	۳	شوری
۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۵**	۲/۶ <sup>ns</sup>	۳۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۹	شوری × پرایمینگ
۰/۰۰۰۹	۱/۷	۸	۲۷۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۴۵	خطا
۲۴/۲	۱۰/۳	۸	۲۱/۱	۲۲/۴	۲۰/۸	۲۰/۵	۲۲/۵	۲۲/۵	۲۲/۵	-	ضریب تغییرات (%)

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۲. مقایسه میانگین های پارامترهای رشد تحت اثر تیمار شوری

میانگین صفات											
وزن خشک طبق (گرم در بوته)	تعداد برگ در بوته	تعداد ساقه (سانتی متر)	ارتفاع ساقه	ارتفاع برگ (سانتی متر مربع)	سطح برگ	نسبت وزن ریشه به ساقه	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک (گرم در بوته)	سطح شوری (dS/m)
۰/۱۸ <sup>a</sup>	۱۴/۷ <sup>a</sup>	۴۰/۵ <sup>a</sup>	۶۸/۳ <sup>a</sup>	۰/۱۸ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۷ <sup>a</sup>	۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۱۹ <sup>a</sup>	شاهد
۰/۱۸ <sup>a</sup>	۱۳/۶ <sup>b</sup>	۳۷/۲ <sup>b</sup>	۵۹/۹ <sup>ab</sup>	۰/۲۱ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>b</sup>	۰/۱۷ <sup>ab</sup>	۰/۲۳ <sup>b</sup>	۰/۲۳ <sup>b</sup>	۰/۱۷ <sup>ab</sup>	۸
۰/۱۶ <sup>ab</sup>	۱۲/۲ <sup>c</sup>	۳۴/۳ <sup>c</sup>	۴۹/۴ <sup>b</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۰/۱۶ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۱۶ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۱۶
۰/۱۲ <sup>b</sup>	۱۰/۳ <sup>d</sup>	۲۹/۵ <sup>d</sup>	۳۵ <sup>c</sup>	۰/۲۳ <sup>a</sup>	۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>c</sup>	۰/۰۸ <sup>c</sup>	۲۴

در هر ستون، میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

**ج) نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی**

نسبت وزن خشک ریشه به ساقه به طور معنی داری در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر شوری قرار گرفت. سطوح مختلف پرایمینگ و همچنین اثر متقابل این دو تیمار بر نسبت وزن خشک ریشه به ساقه معنی دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نسبت وزن خشک ریشه به ساقه به طور معنی داری افزایش یافت. به طوری که با افزایش شوری به ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، ۱۹٪ نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۲). در بسیاری از مطالعات گیاهی، نشان داده شده که اثر شوری بر رشد ریشه گیاه بستگی به غلظت نمک دارد. به طوری که بعضی از غلظت‌ها می‌تواند رشد ریشه را تحریک کند، در صورتی که از رشد ساقه جلوگیری می‌نماید (۳). به نظر می‌رسد که شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطوح پایین‌تر شوری، اثر تحریک‌کنندگی بر رشد ریشه گیاه داشته است. زیرا علی‌رغم کاهش معنی دار وزن خشک ریشه در شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت ریشه به ساقه افزایش نشان می‌دهد. بدین مفهوم که شدت کاهش رشد در ریشه این رقم در ارتباط با ساقه، کمتر می‌باشد. افزایش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه تحت شرایط شوری می‌تواند یکی از سازوکارهای مقاومت به تنش شوری باشد. در همین رابطه، یانگ (۲۵) نقل کرده است که از جمله از سازوکارهایی که می‌توانند از کاهش فشار تورژسانس سلولی جلوگیری کنند و راندمان آب را افزایش دهند، افزایش مقاومت برگ (روزنه‌های کمتر، افزایش مقاومت مزوفیلی و افزایش ضخامت کوتیکولی) یا افزایش نسبت ریشه به ساقه است. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که رشد اندام هوایی بیشتر از رشد ریشه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد و شوری باعث کاهش نسبت شاخ و برگ به ریشه می‌گردد (۱۰ و ۲۵).

**د) سطح برگ و ارتفاع ساقه**

سطوح مختلف شوری به طور معنی داری سطح برگ و ارتفاع ساقه را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد. اثر سطح

پرایمینگ و اثر متقابل این دو تیمار بر این دو پارامتر معنی دار نبود (جدول ۱). با افزایش شوری، میانگین سطح برگ به طور معنی داری کاهش یافت. در سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین سطح برگ به ترتیب ۱۲، ۲۷ و ۴۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. هم‌چنین با کاربرد شوری‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین ارتفاع ساقه به ترتیب ۸، ۱۵ و ۲۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که سطح برگ نسبت به ارتفاع ساقه به تیمار شوری حساس‌تر است. احتمالاً کاهش سطح برگ ممکن است به سه دلیل عمده یعنی کاهش در اندازه تک برگ‌ها، کاهش در تولید برگ‌های جدید و یا ریزش برگ‌های پیر باشد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل مهم کاهش رشد این رقم در شرایط تنش شوری، کاهش فراهمی شیره پرورده در اثر کاهش سطح برگ باشد (۲ و ۱۷). هم‌چنین، شوری با کاهش تقسیم و طول شدن سلولی، باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (۳). وانگ و همکاران (۲۵) عنوان نمودند که در حضور مقادیر زیاد املاح در محیط، میزان آب قابل دسترس برای گیاه کاهش می‌یابد که از یک طرف موجب محدود شدن تقسیم سلولی و از طرف دیگر باعث کاهش حجیم شدن سلول‌ها می‌شود و بدین صورت کاهش گسترش سطح برگ بروز می‌کند. به علاوه، تنش شوری با ایجاد مسمومیت یونی و صدمه به غشاها و مولکول‌های پروتئینی بر گسترش برگ تأثیر می‌گذارد (۱۹ و ۲۴).

**ه) تعداد برگ و وزن خشک گل‌آذین (طبق)**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میانگین تعداد برگ در بوته به طور معنی داری تحت تأثیر شوری و پرایمینگ قرار گرفت. اثر متقابل این دو عامل بر میانگین تعداد برگ در بوته معنی دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری تا سطح ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین تعداد برگ در بوته کاهش معنی داری ( $P < 0.05$ ) یافت. به طوری که در سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین تعداد

وجود نداشت (جدول ۲). کاهش وزن خشک طبق با افزایش شوری احتمالاً در اثر کاهش جذب آب و عناصر غذایی، کاهش سطح برگ و کاهش سرعت فتوسنتز در گیاه باشد که منجر به کاهش ذخایر کربوهیدرات در گیاه شده و در نهایت کاهش وزن خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت. باسیل و کافکا (۴) در بررسی واکنش گلرنگ به شوری آب مشاهده کردند که با افزایش شوری، وزن خشک کل گیاه به میزان ۵۶٪ کاهش یافت. همچنین گزارش کردند که شوری باعث افزایش تعداد طبق‌های گلرنگ شد و افزایش شوری باعث شد که طبق‌های ثالثیه و بعد از آن تشکیل نشود و تعداد طبق‌های ثانویه نیز حدود ۴۰٪ کاهش یابد.

#### و) تسهیم ماده خشک اندام هوایی، ریشه و گل آذین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار شوری میزان تسهیم ماده خشک اندام هوایی و ریشه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. لیکن میزان تسهیم ماده خشک در گل آذین (GDW) تحت تأثیر تیمار شوری قرار نگرفت. تیمار پرایمینگ و اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر این صفت نیز معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر تیمار شوری بر تسهیم ماده خشک نشان داد که با افزایش شوری، میانگین تسهیم ماده خشک اندام هوایی و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که با افزایش شوری به ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، میزان تسهیم ماده خشک برگ به‌ترتیب ۱۰، ۳۶ و ۵۷ درصد و میزان تسهیم ماده خشک ساقه به‌ترتیب ۱۴، ۳۳ و ۴۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. با کاربرد همین سطوح شوری نیز میزان تسهیم ماده خشک ریشه به‌ترتیب ۱۳، ۳۳ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۵). همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، با افزایش سطح شوری، اختصاص بیشتر ماده خشک به طبق، با کاهش اختصاص ماده خشک به ساقه و ریشه همراه بود. به‌طوری‌که در بالاترین سطح شوری (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، اختصاص ماده خشک به ساقه (SDW)، برگ (LDW)، ریشه (RDW) و

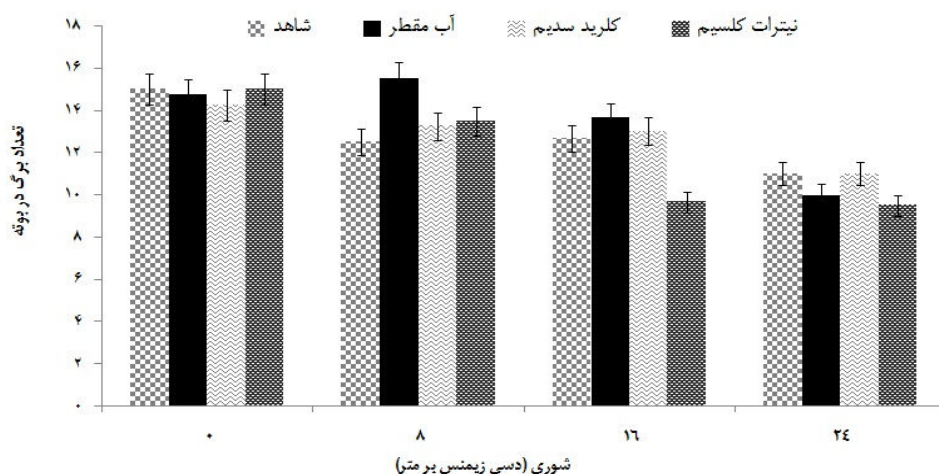
برگ در بوته به‌ترتیب ۷، ۱۷ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). میانگین تعداد برگ در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با میانگین وزن خشک اندام هوایی و میانگین سطح برگ داشت (جدول ۳). احتمالاً کاهش تعداد برگ با افزایش شوری ناشی از کاهش و تأخیر در سبز شدن برگ‌های جدید و پیر شدن سریع‌تر برگ‌ها نسبت به شاهد باشد. همچنین کاهش در تعداد برگ را می‌توان به ذخیره نمک اضافی در برگ‌ها و ریزش این برگ‌ها نسبت داد. به‌طوری‌که برگ‌های مسن‌تر می‌ریزند و برگ‌های جدید با غلظت کمتر نمک جایگزین می‌شوند (۳)، که این خود می‌تواند یکی از سازوکارهای مقاومت به شوری باشد. عکس‌العمل گیاه نیز با افزایش شوری در ارتباط با نوع پرایم متفاوت بود. به‌طوری‌که با کاربرد شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، پرایم ۲ (هیدروپرایمینگ) بیشترین تعداد برگ در بوته را نشان داد و با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، پرایم شاهد و پرایم کلرید سدیم از نظر دارا بودن بیشترین تعداد برگ در بوته از سایر پرایم‌ها بهتر بودند.

با توجه به این‌که افزایش در تعداد برگ در واقع افزایش در سطوح فتوسنتز کننده است و در شرایط محیطی تنش‌زا، گیاه به دلایل مختلف با کاهش سطح برگ مواجه می‌شود. لذا تا سطح شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، استفاده از پرایم ۱ (شاهد) و پرایم ۳ (کلرید سدیم) توانسته است گیاه را در تحمل به تنش یاری رساند و استفاده از این دو پرایم می‌تواند در جهت بهبود عملکرد در چنین شرایطی مؤثر واقع گردد (شکل ۱). شوری اثر معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بر میانگین وزن خشک طبق داشت. اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که با افزایش شوری، میانگین وزن خشک طبق به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که با افزایش شوری به سطوح ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک طبق در بوته به‌ترتیب ۷ و ۲۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد، هر چند بین سطح شاهد و سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری

جدول ۳. همبستگی صفات مختلف گلرنگ

صفات	وزن برگ	وزن ساقه	وزن ریشه	تعداد برگ	سطح برگ
سطح برگ	+۰/۸۰**	+۰/۸۰**	-۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۲*	—
تعداد برگ	+۰/۷۲**	+۰/۳۸*	+۰/۱۶ <sup>ns</sup>	—	—
وزن ریشه	+۰/۶۸**	+۰/۷۴**	—	—	—
وزن ساقه	+۰/۶۹**	—	—	—	—
وزن برگ	—	—	—	—	—

\*, \*\*، ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار



شکل ۱. برهمکنش شوری و پرایمینگ بر تعداد برگ در بوته گلرنگ، رقم گلدهشت، در شرایط گلخانه. خط عمودی در هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد می باشد (Mean±SE).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر تسهیم ماده خشک به اندام‌های رویشی و گل آذین

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک طبق
تکرار	۳	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸*	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>
پرایمینگ	۳	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>
شوری	۳	۰/۱۲۲**	۰/۰۵۵**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>
شوری × پرایمینگ	۹	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>
خطا	۴۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶
ضریب تغییرات (%)	—	۲۲	۲۴/۹	۲۲/۸	۲۱/۳

\*, \*\*، ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار



جدول ۵. مقایسه میانگین تسهیم ماده خشک به اندام‌های هوایی و ریشه تحت تأثیر تیمار شوری

میانگین صفات				
سطح شوری (ds/m)	برگ (گرم در بوته)	ساقه (گرم در بوته)	ریشه (گرم در بوته)	طبق (گرم در بوته)
شاهد	۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۲۷ <sup>a</sup>	۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>
۸	۰/۱۷ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>b</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>
۱۶	۰/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۰۴ <sup>c</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>
۲۴	۰/۰۹ <sup>c</sup>	۰/۱۴ <sup>d</sup>	۰/۰۳ <sup>d</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>

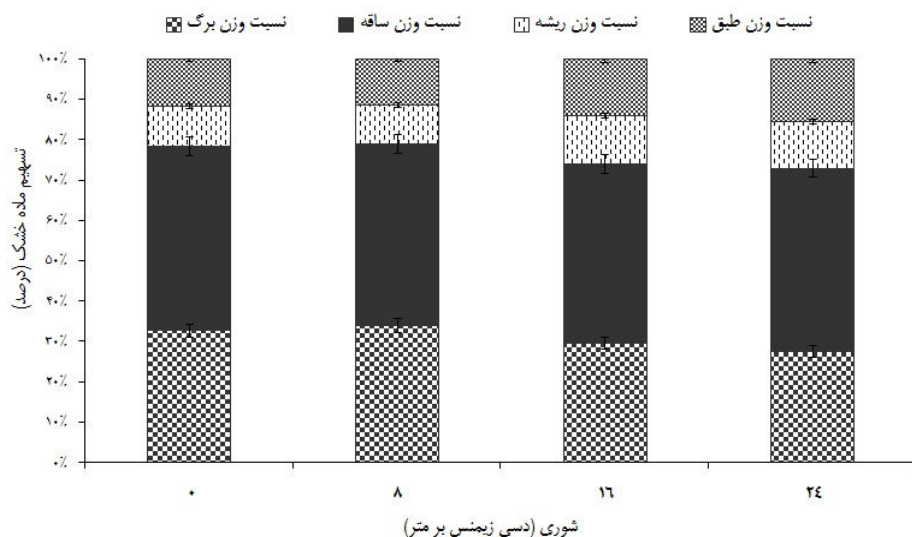
در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

به‌طوری‌که با افزایش شوری به سطوح بالاتر (۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر)، محتوای کلروفیل a به‌ترتیب ۱۲ و ۳۰ درصد و محتوای کلروفیل b با کاربرد همین سطوح شوری به‌ترتیب ۱۴ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، عدد Spad را به‌ترتیب ۰/۷، ۱/۷ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. هر چند که بین تیمار شاهد و سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (جدول ۷). این می‌تواند دلیلی بر پایداری میزان کلروفیل تا آستانه معینی از شوری باشد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آنها به‌وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species, ROS) نظیر  $H_2O_2$ ،  $OH^-$  و  $O_2^-$  می‌باشد (۱۵). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل‌ها، رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) به هنگام تنش آب از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوستز کلروفیل) می‌باشد که باعث می‌شود تا پیش ساز گلوتامات بیشتر به مصرف پرولین برسد و بنابراین بیوستز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (۸). نظر بیگی و همکاران (۱۶) نشان دادند که محتوای کلروفیل a و b به علت افزایش در غلظت نمک کلرید سدیم در برگ‌های دو رقم کزلا، کاهش معنی‌داری پیدا کرد که این کاهش در رقم RGS نسبت به رقم Hayola 401 بیشتر بود. با توجه به نتایج فوق، افزایش شوری تخریب کلروفیل برگ را در پی داشته است. چرا که شوری باعث تغییرات در کلروپلاست شامل

طبق (GDW) به‌ترتیب ۰/۱۴ گرم (معادل ۰/۴۵٪)، ۰/۰۹ گرم (معادل ۰/۲۹٪)، ۰/۰۳ گرم (معادل ۰/۹٪) و ۰/۰۵ گرم (معادل ۰/۱۶٪) بود. درحالی‌که این نسبت در تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۴، ۳۱، ۱۴ و ۱۱ درصد بود (شکل ۲). با توجه به نتایج این تحقیق، کاهش در تعداد برگ و سطح برگ در اثر افزایش شوری، منجر به کاهش تجمع ماده خشک در گیاه گردیده که پیامد آن کاهش وزن خشک کل می‌باشد. به نظر می‌رسد گیاه قبل از ورود به مرحله زایشی، با اختصاص ماده خشک بیشتر به ساقه، در شرایط تنش، با انتقال مجدد این مواد در زمان پر شدن دانه، باعث بهبود وزن طبق شده است. سی‌دی‌کو و همکاران (۱۹) و اسلافر و همکاران (۲۲) شواهدی ارائه کرده‌اند که نشان می‌دهد نحوه اختصاص مواد قبل از گرده افشانی (نسبت وزن سنبله به ساقه در مرحله گرده افشانی) می‌تواند در پیش‌بینی شاخص برداشت در مرحله رسیدگی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این‌که شاخص برداشت بیانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن است، پس ارقامی که دارای شاخص برداشت زیادی هستند، قادرند کربوهیدرات‌های بیشتری را از اندام‌های سبز منتقل کنند و باعث افزایش عملکرد شوند (۱).

### ز) عدد Spad و محتوای کلروفیل a و b

شوری اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a و b و عدد Spad داشت. هم‌چنین تیمار پرایمینگ و اثر متقابل این دو تیمار بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۶). افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b در اندام هوایی گردید.



شکل ۲. درصد تسهیم ماده خشک تحت تأثیر سطوح مختلف شوری. خط عمودی در هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد (Mean±SE).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و پرایمینگ بر عدد Spad، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	Spad	کلروفیل a	کلروفیل b	محتوای آب نسبی
تکرار	۳	۲۶/۷ <sup>ns</sup>	۲۲/۷ <sup>**</sup>	۱/۳۹ <sup>ns</sup>	۱۱۹/۶ <sup>ns</sup>
پرایمینگ	۳	۲۱/۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۱۴۳/۸ <sup>ns</sup>
شوری	۳	۱۹۳/۱ <sup>**</sup>	۳۶/۳ <sup>**</sup>	۹/۴۲ <sup>**</sup>	۳۱۶/۹ <sup>*</sup>
شوری×پرایمینگ	۹	۵/۹ <sup>ns</sup>	۳/۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>ns</sup>	۱۳۷/۱ <sup>ns</sup>
خطا	۴۵	۱۶	۲/۷۳	۰/۸۰	۸۷/۷
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۶۸	۱۸/۲	۱۹/۹	۱۲/۵

<sup>\*</sup>، <sup>\*\*</sup> و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات کمی تحت تأثیر تیمار شوری

میانگین صفات				
سطوح شوری (dS/m)	Spad	کلروفیل a (%)	کلروفیل b (%)	محتوای آب نسبی (%)
شاهد	۴۸/۳ <sup>a</sup>	۱۰/۱ <sup>a</sup>	۵ <sup>a</sup>	۶۷/۶ <sup>a</sup>
۸	۴۷/۹ <sup>a</sup>	۱۰/۳ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>a</sup>	۶۸/۹ <sup>a</sup>
۱۶	۴۷/۵ <sup>a</sup>	۸/۸ <sup>b</sup>	۴/۳ <sup>b</sup>	۶۲/۳ <sup>a</sup>
۲۴	۴۰/۹ <sup>b</sup>	۷ <sup>c</sup>	۳/۴ <sup>c</sup>	۶۳/۸ <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

را بهتر تحمل کند. افزایش میزان آب برگ‌ها و گوشتی شدن آنها در شرایط شور در گلیکوفیت‌ها هم گزارش شده است (۳). جوشی (۹) گوشتی شدن برگ‌های برخی از گیاهان را در شرایط شوری گزارش نمود و اظهار داشت که افزایش آب برگ ممکن است سبب کاهش اثر سمی یون‌ها در شرایط شور شود.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از صفات مورد بررسی، می‌توان گفت که هر چند افزایش غلظت نمک در محیط رشد ریشه گلرنگ، رقم گلدشت، منجر به کاهش غلظت کلروفیل برگ و کاهش وزن خشک گیاه شد، لیکن در مقابل، با افزایش محتوای آب نسبی بافت‌ها و افزایش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، می‌تواند شرایط شور را بهتر تحمل کند و تا حدودی از طریق تجمع ماده خشک در بافت ساقه خسارت ناشی از تنش را جبران کند. از آنجا که نیمی از اراضی قابل کشت کشور به درجات مختلف با مشکل شوری مواجه هستند و با توجه به نتایج این آزمایش که نشان داد گلرنگ می‌تواند شوری را تا سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش حداقل وزن خشک تحمل کند، لذا کشت گلرنگ در این مناطق می‌تواند یکی از روش‌های مدیریتی باشد. هرچند این نتیجه مستلزم آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه می‌باشد.

چروکیدگی، از دست دادن ساختمان پاکتی و به هم ریختن سازمان گراناها، آماس نمودن گراناها و از دست دادن نشاسته می‌شود (۳).

### ح) محتوای آب نسبی

افزایش شوری باعث افزایش معنی‌دار محتوای آب بافت‌ها گردید. به طوری که با کاربرد شوری ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، محتوای آب نسبی ۱۱٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. هر چند که بین تیمار شاهد و سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جداول ۶ و ۷). به نظر می‌رسد که افزایش محتوای آب نسبی برگ‌ها به خاطر سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب (بسته‌تر شدن روزنه‌ها) و یا به واسطه جذب بیشتر آب از طریق گسترش ریشه‌ها باشد. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری که بین محتوای آب نسبی و میزان پرولین بافت گیاهی وجود داشت، می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که احتمالاً گیاه از طریق تجمع مواد محلول آلی اسمزی چون پرولین، توانسته است پتانسیل اسمزی منفی تری را در برگ ایجاد کند و در نتیجه این عمل آب بیشتری را از محیط ریشه جذب نماید و در نهایت باعث حفظ آماس سلولی و رقیق‌سازی غلظت نمک گردد و مقاومت خود را در شرایط شور افزایش دهد (۸ و ۹). با توجه به این‌که گلرنگ گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری است، با افزایش غلظت نمک، گیاه محتوای آب بافت‌ها را افزایش داده و توانسته است شرایط شور

### منابع مورد استفاده

1. Alavisini, S. M., J. Saba, J. Jabbari, K. Soleymani and J. Naseri. 2010. Photosynthetic partitioning pattern to aerial parts of bread wheat in dryland condition and its relationship with grain yield. *Iranian Journal of Agricultural Science* 41(2): 281-289.
2. Arshi, A., M. Z. Abdin and M. Iqbal. 2002. Growth and metabolism of henna as affected by salt stress. *Biological Plantarum* 45(2): 295-298.
3. Banaei, M., H. A. Moameni, M. Bybordi and M. J. Malakouti. 2005. The soils of Iran: New achievement in perception, management and use. Soil and Water Research Institute of Iran, Sana Pub. (In Farsi).
4. Bassil, E. S. and S. R. Kaffka. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soil and irrigation. I. Consumptive water use. *Agricultural Water Management* 54: 67-80.
5. Christiansen, M. B. 1982. World environmental limitations to food and fiber culture. PP. 1- 11. *In: Christiansen, M. B. and C. F. Lewis (Eds.), Breeding Plant for Less Favorable Environments, Wiley, New York.*

6. Demir, M. and A. Ozturk. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Agriculture* 27: 224-227.
7. Drew, R. L., L. J. Hands and D. Gray. 1997. Relating the effects of priming to germination of unprimed seeds. *Seed Science and Technology* 25: 527-548.
8. Handa, S., A. K. Handa, P. M. Hasegawa and R. A. Bressan. 1986. Proline accumulation and the adaption of cultured plant cell to water stress. *Plant Physiology* 80: 938-945.
9. Joshi, S. S. 1984. Effect of salinity stress on organic plant and mineral constituent in leaves of pigeon pea. *Plant and Soil* 82: 77- 85.
10. Kemal, U. R. and K. Rahim. 1989. The effects of salinity on photosynthesis and other physiological processes in spring wheat varieties. *Field Crop Abstract* 479.
11. Lichtenthaler, H. K. and A. R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 1: 591-592.
12. Maurmical, G. and V. Cavallaro. 1996. Effect of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. *Seed Science and Technology* 24: 331-335.
13. Mohammad, M., H. Malkavi and R. Shibili. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown soils with different levels of salts. *Journal of Plant Nutrition* 26(1): 125-137.
14. Naseri, F. 1995. Oilseeds. Astane Ghods Razavi Press, Mashhad. (In Farsi).
15. Navari-Izoo, F., M. F. Quartacci and R. Izzo. 1990. Water-stress induced changes in protein and free amino acids in field grown maize and sunflower. *Plant Physiology and Biochemistry* 28: 531-537.
16. Nazarbeygi, E., H. Lari Yazdi, R. Naseri and R. Soleimani. 2011. The effects of different levels of salinity on proline and a-, b- chlorophylls in canola. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 10: 70-74.
17. Netondo, G. W., J. C. Onyango and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science* 44: 806-811.
18. Gasim, A. A. 1998. Effect of salinity on growth, proline accumulation and chlorophyll content during vegetative growth, flowering and seed formation of *Brassica juncea* L. *Journal Agricultural Science* 10: 145-152.
19. Siddique, K. H. M., E. J. M. Kirby and M. W. Perry. 1989. Ear- to- stem ratio in old and modern wheat varieties: Relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Research* 21: 59-78.
20. Soltani, A., F. Akram-Ghaderi and H. Maemar. 2007. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 14: 9-16. (In Farsi).
21. Srinivasan, K., S. Saxena and B. Singh. 1999. Osmo and hydro priming of mustard seeds to improve vigor and some biochemical activities. *Seed Science and Technology* 27: 785-793.
22. Slafer, G. A., F. H. Andrade and E. H. Satorre. 1990. Genetic-improvement effects on pre-anthesis physiological attributes related to wheat grain-yield. *Field Crops Research* 23: 255-263.
23. Tracey, A. C., A. J. Miller., S. A. Laurie and R. A. Leigh. 2003. Potassium activities in cell compartments of salt-grown barley leaves. *Journal of Cell Biology* 58(383): 567-661.
24. Wang, D., M. C. Shannon and C. M. Grieve. 2001. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research* 69: 276-277.
25. Yang, Y. W., R. J. Newton and F. R. Miller. 1990. Salinity tolerance in sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in *Sorghum bicolor*. *Crop Science* 30: 775-781.