

بررسی برهمکنش شوری و کود اوره بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی و کیفی گل ختمی (*Althaea officinalis*)

حسین مردانی^۱، جمشید رزمجو^{۱*} و حمیده غفاری^۲

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ^۲ گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹)

چکیده

نیترژن نخستین عنصر غذایی است که کمبود آن در مناطق شور مطرح است. مدیریت صحیح مصرف کودهای نیترژن راهکاری مناسب در جهت افزایش تحمل گیاه به تنش شوری می‌باشد. به همین منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی، در سه تکرار و به صورت گلدانی در فضای باز دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتور اول شامل چهار سطح شوری (صفر (شاهد)، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدم) و فاکتور دوم شامل چهار سطح نیترژن به صورت کود اوره (صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد نیترژن تحت شرایط تنش شوری افزایش یافتند. بالاترین محتوای کلروفیل کل مربوط به تیمار شاهد و همچنین تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و هر دو تحت کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترژن بود. برهمکنش سطوح شوری و نیترژن نشان داد بیشترین غلظت سدیم و نسبت Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} مربوط به تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیترژن بود که به ترتیب افزایش ۳۴۲، ۵۴۶ و ۷۶۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند، در حالیکه بیشترین میزان کلسیم مربوط به تیمار عدم تنش شوری و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن بود. بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن بود که افزایش ۶۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت، بیشترین سطح و تعداد برگ بوته مربوط به تیمار عدم تنش شوری و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن بود که به ترتیب افزایش ۵۶ و ۶۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند. بیشترین وزن خشک کل بوته و موسیلاژ برگ مربوط به تیمار عدم تنش شوری و به ترتیب تحت تیمارهای ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیترژن در هکتار بود. به طور کلی، نتایج نشان داد که اثرهای سمی یون‌های کلر و سدیم باعث تغییر فعالیت فتوسنتزی گیاه و کاهش وزن خشک اندام هوایی و موسیلاژ برگ می‌شود. بنابراین، استفاده از کود نیترژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌تواند اثرهای منفی تنش شوری را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، شوری، عملکرد اندام هوایی، موسیلاژ و نیترژن.

مقدمه

می‌دهند (مظفریان، ۱۳۸۳). از این رو صنایع داروسازی و گروه‌های تحقیقاتی بسیاری از کشورها توجه خود را به کشت و تولید گیاهان دارویی معطوف داشته‌اند، گیاه ختمی یک گیاه

در حال حاضر حدود یک سوم داروهای مورد استفاده در جوامع انسانی را داروهایی با منشأ طبیعی و گیاهی تشکیل

دارویی، با نام علمی *Althaea officinalis* و نام انگلیسی Common Marsh Mallow یا Marsh Mallow از خانواده ختمی یا پنیرک (Malvaceae) بوده که گیاهی دولپه‌ای است (مظفریان، ۱۳۸۳).

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که منجر به تخریب ساختمان فیزیکی خاک می‌شود و بر عملکرد گیاهان اثرهای منفی قابل توجهی دارد. بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های دنیا در معرض شوری قرار دارند که این مقدار بیش از ۶٪ کل زمین‌های دنیا می‌باشد (Miller et al., 2010). گفته می‌شود که نزدیک به ۵۰ درصد سطح زمین‌های تحت آبیاری کشور (۸/۵ میلیون هکتار) به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی بودن و غرقابی بودن روبه‌رو می‌باشند. پیش‌بینی می‌شود این میزان تا ۷۵ درصد کل اراضی فاریاب کشور پیش‌روی کند (هاشم‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). تنش نتیجه روند فیزیولوژیکی غیر عادی می‌باشد که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. میان تنش‌های غیرزیستی، تنش کمبود آب، شوری و دما بیش از سایر تنش‌ها به گیاهان خسارت می‌زند (میرمحمدی‌میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱). شوری یعنی غلظت بیش از حد املاح و عناصر معدنی در آب یا خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه را در جذب آب کافی از خاک، دچار مشکل می‌کند. این پدیده یکی از مهمترین عوامل کاهش رشد گیاهان در بسیاری از نقاط دنیاست، شوری از چندین راه بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تأثیر می‌گذارد و نشانه‌های آسیب دیدگی ناشی از شوری معمولاً هنگامی در گیاه آشکار می‌شود که غلظت املاح محلول در خاک یا آب بسیار بالا باشد. مهمترین واکنش گیاه به شوری، کاهش رشد است (حیدری، ۱۳۸۰). شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و همچنین کاهش یون‌های غذایی مورد نیاز گیاه مانند کلسیم و پتاسیم بر جوانه زدن بذرها و رشد آنها تأثیر می‌گذارد (Khajeh-Hosseini et al., 2003). مصطفوی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که رشد کم بافت‌های اولیه گیاهچه در تنش شوری به دلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال

رشد می‌باشد. از طرفی مقاومت به شوری نیز صفت پیچیده‌ای است که مکانیسم‌های متعدد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را شامل می‌شود (Chaves et al., 2009). سازوکارهایی که گیاهان تحت تنش شوری برای سازگار شدن با تنش اسمزی و سمیت یون‌ها به کار می‌برند بسته به نوع گیاه و میزان حساسیت آن‌ها به شوری متفاوت است. مثلاً در گیاهان مقاوم به شوری یون‌های سدیم و کلسیم در واکوئل و در ارقام حساس در سیتوپلاسم سلول تجمع پیدا می‌کنند (Ghoulam et al., 2002).

یکی از عناصر اصلی در رشد گیاهان، نیتروژن می‌باشد. نیتروژن جزء ساختمانی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوپروتئین‌ها، پلی‌پپتیدها و همچنین جزء اصلی مولکول کلروفیل می‌باشد. نیتروژن باعث افزایش رشد سبزینه‌ای، رشد و توسعه متعادل گیاه، افزایش میزان پروتئین‌های گیاهی و افزایش تولید میوه و دانه می‌شود، کمبود نیتروژن باعث متوقف شدن رشد اندام‌های هوایی و نیز زردی برگ‌ها، کوچکی و رشد کم گیاه، پایین بودن تعداد ساقه، کوچکی گل‌ها و کاهش کمیت و کیفیت محصول می‌گردد (Siddiqui et al., 2010).

به طور کلی کاربرد کودها می‌تواند موجب کاهش اثرهای منفی تنش شوری در گیاهانی از جمله پنبه (Chen et al., 2010) سورگوم (Esmaili et al., 2008) و گندم (Elgharably et al., 2010) گردند. به طور خاص عنصر نیتروژن می‌تواند باعث کاهش اثرهای منفی تنش شوری در گیاهان گردد. افزایش میزان نیتروژن موجب افزایش رشد یونجه شده و کاهش رشد ناشی از شوری زیاد را جبران می‌کند. به علاوه در دسترس بودن نیتروژن برای گیاه موجب افزایش مقاومت به تنش شوری می‌شود و این به خاطر نقش تغذیه‌ای و اسمزی است که نیتروژن در خاک‌های شور ایفا می‌کند (Ding et al., 2010). به طور کلی در شوری کم تا متوسط، بازدارندگی رشد با کاربرد کود رفع می‌گردد (Chen et al., 2010) به طوری که محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم بر روی برگ‌ها موجب بهبود رشد رویشی و زایشی پنبه در شرایط تنش شوری گردیده است (Jabeen and Ahmad, 2009). همچنین Dongmei و

موجب افزایش رشد و همچنین مقاومت به شوری می‌گردد. بررسی پژوهش‌های به‌زراعی انجام گرفته بر روی گیاه دارویی ختمی نشان داده که تا به حال تأثیر همزمان کود نیتروژن و شوری مورد مطالعه قرار نگرفته است. هدف از انجام این آزمایش، ارزیابی تأثیر شوری، کود نیتروژن و برهمکنش آنها بر غلظت برخی عناصر، صفات مورفو-فیزیولوژیک، میزان موسیلاژ و عملکرد وزن خشک گیاه ختمی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت یک آزمایش گلدانی در مزرعه‌ی چاه اناری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. مجموع پلات‌ها ۴۸ عدد بود که برای هر پلات دو گلدان در نظر گرفته شد. در آبان ماه ۱۳۹۵، بذور این گیاه در لیوان‌های یکبار مصرف کاشته شد. پس از یک ماه نشاهای آماده شده در گلدان‌های هفت کیلوگرمی با قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کاشته شدند. در هر گلدان سه نشا کاشته شد و پس از استقرار گیاهچه‌ها و در مرحله ۳ برگی تنک اجرا شد و در هر گلدان تنها یک بوته نگهداری شد. با افزودن تدریجی کلریدسدیم به آب آبیاری، اعمال شوری انجام شد. پس از هر بار آبیاری زه‌آب ۵ گلدان از هر تیمار بطور تصادفی برداشت و میزان قابلیت هدایت الکتریکی آنها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی (مدل Cyberscan Singapore) اندازه‌گیری شد و در مواردی که میزان قابلیت هدایت الکتریکی محلول خروجی بیشتر بود آبشویی با آب غیرشور انجام گرفت. رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی مزرعه نگه داشته شد. مقدار آب مورد نیاز هر گلدان با وزن کردن گلدان و اختلاف وزن آن در شرایط آبیاری شده و خشک بدست آمد. خاک استفاده شده از مزارع شروان انتقال یافته بود. بافت خاک سیلتی لوم، هدایت الکتریکی آن ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر، pH آن برابر ۵/۴۸ و نیتروژن آن ۰/۰۷۶۹ درصد بود. تیمارهای آزمایش شامل سطوح شوری آب آبیاری: ۰/۰۳ (آب شهری به عنوان شاهد)، ۲، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر

همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که عملکرد اقتصادی پنبه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مقادیر شوری و نیتروژن و اثرهای متقابل آنها قرار گرفت. در سطوح پایین شوری، کمبود مواد غذایی بیش از تنش شوری، رشد گیاه را کاهش داد و برهمکنش این دو عامل موجب ایجاد مقاومت به شوری در گیاه گردید (Esmaili et al., 2008). وزن خشک کل گیاه کلزا تحت برهمکنش نیتروژن و شوری، کاهش معنی‌داری دارد، شوری محیط به دلیل وجود کلر باعث کاهش جذب نیترات می‌شود (عبدل‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در مطالعه نادیان و همکاران (۱۳۹۴) افزایش کود اوره منجر به کاهش اثرهای منفی تنش شوری بر شاخص‌های رشد ریشه و اندام هوایی گیاه شد. نتایج خانی نژاد (۱۳۸۹) نشان داد که کاربرد نیتروژن و فسفر موجب کاهش اثرهای منفی شوری بر گیاه کوشیا می‌شود، کاربرد کود نیتروژن کافی، موجب بهبود شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی می‌شود. صادقی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که بیشترین افزایش عملکرد موسیلاژ ختمی در سطح ۱۰ تن در هکتار کود ورمی کمپوست مشاهده گردید، همچنین با افزایش کاربرد کود اوره، درصد و عملکرد موسیلاژ افزایش معنی‌داری یافت. نیتروژن از جمله عناصر غذایی مهم است که در شرایط تنش شوری، جذب آن بیش از سایر عناصر غذایی محدود می‌شود، در واقع شوری ضمن کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه، فعالیت آنزیم نیتروژناز را نیز کاهش داده و مستقیماً جذب نیتروژن را محدود می‌کند. بسته به شدت تنش شوری، نوع نمک‌های موجود در محیط رشد، نوع نیتروژن مصرفی و مرحله رشدی گیاه، جذب نیتروژن با درجات متفاوتی تحت تأثیر تنش شوری واقع می‌شود (رستمی و طاهری، ۱۳۹۲).

از طرفی به دلیل افزایش سطح زمین‌های شور در ایران و جهان و نیز از دست رفتن زمین‌های مرغوب به واسطه گسترش مناطق مسکونی، کشت گیاهان دارویی در زمین‌های نامرغوب امری است که نیاز به بررسی‌های متعدد دارد. مطالعه‌ی رشد و نمو گیاهان دارویی در شرایط شور، اهمیت می‌یابد. همچنین طبق تحقیقات انجام شده، افزایش نیتروژن

(Hou et al., 2009) و سطوح کودی: صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بود که به صورت اوره به خاک اضافه شد (زاده‌اسفهلان و همکاران، ۱۳۹۲).

چهار هفته پس از انتقال نشا، کود نیتروژن به صورت محلول اوره در سه نوبت و به فاصله ۱۰ روز از هم به گلدان‌ها داده شد. ۱۱ هفته پس از انتقال نشا تیمار شوری به خاک اضافه شد. برای جلوگیری از وارد شدن شوک اسمزی به گیاه، تیمار شوری ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر طی سه مرحله و هر کدام به فاصله‌ی چهار روز از مرحله قبل به صورت محلول به خاک اضافه شد. اعمال تیمار شوری تا زمان برداشت ادامه داشت. برداشت اندام‌های هوایی ۶ ماه پس از کاشت بذور و به هنگام ۳۰ تا ۵۰ درصد گلدهی و از سطح خاک بود (حسینی و دری، ۱۳۸۷).

اندازه‌گیری صفات نه هفته از آغاز تیمار شوری صورت گرفت و تنها صفات تعداد و سطح برگ هشت هفته از آغاز تیمار شوری و قبل از خشک شدن گیاه انجام شد:

محتوای نسبی آب برگ: از هر بوته سه برگ بزرگ، کوچک و متوسط انتخاب شد و با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید (وزن تر). سپس این برگ‌ها در درون آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) اشباع گردید و توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند تا وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شود. در نهایت محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر به دست آمد (Smart and Bingham, 1974).

$$\text{محتوای نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن برگ خشک} - \text{وزن برگ تازه}}{\text{وزن برگ خشک} - \text{وزن برگ اشباع}} \times 100$$

میزان پرولین برگ: برای اندازه‌گیری پرولین محتوای بافت برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۵ گرم از بافت برگ در هاون چینی کاملاً کوبیده شد تا به حالت خمیری در آید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد به آن اضافه شد و محتوای هاون از کاغذ صافی عبور داده شد. به ۲ میلی‌لیتر محلول، ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین

(۱۲۵ میلی‌گرم ناین‌هیدرین + ۲ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار + ۳ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال + ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک) اضافه شد. محتوی حاصل مخلوط شد و در حمام آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت گذاشته شد و سپس لوله‌های محتوی محلول حاصل در یخ قرار داده، پس از یکی شدن دمای آن با دمای محیط به آن ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه گردید و به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه بهم زده شدند. استانداردهای پرولین را در مقادیر صفر، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ میکرومول بر میلی‌لیتر تهیه شد، نمونه‌های حاصل و استانداردها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (Hitachi, U-1800) قرائت شد.

محتوای رنگی‌های فتوسنتزی: برای سنجش غلظت رنگی‌های a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید از روش Arnon (۱۹۹۶) و آنتوسیانین از روش Sims and Gamon (۲۰۰۲) استفاده شد. استخراج کلروفیل از برگ بالغ و فعال با کمک استون ۸۰٪ انجام شد. سپس حجم محلول با استون به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفوژ و جذب نوری در طول موج‌های (abs) ۶۶۳، ۶۴۶، ۴۷۰ و ۵۳۷ نانومتر، بوسیله اسپکتروفتومتر (Hitachi, U-1800) اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل بر حسب میلی‌گرم کلروفیل در گرم تازه تخمین زده شد.

$$\text{mL acetone/mg} \quad a \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = (12.7 \times \text{abs}_{663}) - (2.6 \times \text{abs}_{646})$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad b \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = (22.9 \times \text{abs}_{646}) - (4.68 \times \text{abs}_{663})$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad \text{کلروفیل کل} = (7.05 \times \text{Chl a}) + (18.09 \times \text{Chl b})$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad \text{کاروتنوئید} = (1000 \times \text{abs}_{470}) - (1.9 \times \text{abs}_{663}) - (63.14 \times \text{abs}_{646}) / 214$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad \text{آنتوسیانین} = (81.73 \times \text{abs}_{537}) - (6.97 \times \text{abs}_{646}) - (2.228 \times \text{abs}_{663})$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad \text{غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم بخش هوایی:}$$

$$\text{mL acetone/mg} \quad \text{نمونه‌های برگ خشک شده در آون ابتدا آسیاب شدند. از هر}$$

$$\text{نمونه آسیاب شده به مقدار ۰/۲ تا ۰/۵ گرم با ترازوی دقیق}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

$$\text{توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته}$$

موسیلاژ آن خارج گردید. به موسیلاژ به دست آمده ۶۰ میلی لیتر الکل اتیلیک اضافه گردید و خوب مخلوط شد. سپس این مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شد و موسیلاژ باقیمانده بر روی کاغذ صافی به همراه کاغذ صافی توزین گردید. کاغذهای صافی استفاده شده برای هر نمونه، پیش از استفاده، توزین گردیدند (Sharma and Kaul, 1985).

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژی، عملکرد وزن خشک و موسیلاژ: نتایج تجزیه واریانس برای صفات سطح و تعداد برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و موسیلاژ برگ نشان داد بین سطوح شوری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن برای سطح برگ و موسیلاژ برگ در سطح احتمال یک درصد و برای تعداد برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری بود (جدول ۱).

سطح و تعداد برگ: مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد با افزایش سطوح شوری سطح و تعداد برگ بوته کاهش یافتند، به طوری که سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری به ترتیب باعث کاهش ۵۷ و ۴۰ درصدی سطح و تعداد برگ بوته نسبت به تیمار عدم تنش شد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن حاکی از آن بود که با افزایش مصرف کود نیتروژن سطح و تعداد برگ بوته افزایش یافتند، سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین سطح و تعداد برگ بوته را به ترتیب با افزایش ۵۸ و ۳۴ درصد نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن داشت (جدول ۲). برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن نشان داد بیشترین سطح و تعداد برگ بوته مربوط به تیمار عدم تنش و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که به ترتیب افزایش ۵۶ و ۶۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۳). سطح شوری ملایم، دو و چهار دسی

شدند و نمونه‌ها در داخل کوره به مدت ۵ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا مواد آلی سوخته و گیاهی به طور کامل به خاکستر تبدیل شوند. بعد از خنک شدن کروزه‌ها، ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به کروزه‌ها اضافه گردید. سپس با حرارت دادن ملایم کروزه روی هیتر مواد خاکستر شده در اسید حل شد تا حجم آن تقریباً نصف شود، سپس محلول تهیه شده از قیف و کاغذ صافی عبور داده شد تا عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری شود. سپس مقدار کافی آب مقطر به بالن ژوژه اضافه شد تا حجم نهایی عصاره به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. برای تعیین غلظت K، Na و Ca در نمونه‌ها، از دستگاه (Flame Photometer Corning Flame Photometer) 410, Corning Medical and Scientific, Halstead Essex, UK) استفاده شد. برای این منظور محلول‌های استاندارد مورد نظر به دستگاه داده شد و نمودار استاندارد آنها رسم گردید تا معادله خط رگرسیون آن جهت تصحیح داده‌ها بدست آید. غلظت K، Na و Ca در نمونه‌ها با دستگاه اندازه‌گیری شد و با قرار دادن عدد دستگاه در معادله خط، غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت گیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ به دست آمد.

تعداد و سطح برگ در بوته: تعداد برگ‌های هر بوته شمارش گردید و نمونه‌های برگ تازه برای سنجش سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter AM 200) برداشت شد. مجموع سطح برگ‌های سبز هر بوته از حاصل ضرب سطح یک برگ متوسط در تعداد برگ به دست آمد.

ارتفاع گیاه: ارتفاع بلندترین شاخه‌ی هر بوته از سطح خاک به عنوان ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد.

عملکرد اندام هوایی: بوته‌ها از پایین‌ترین قسمت اندام هوایی بریده شدند و به منظور حفظ مواد مؤثره‌ی آنها، در سایه قرار داده شدند تا رطوبت خود را از دست دهند.

میزان موسیلاژ: یک گرم از برگ خشک گیاه را خرد و با ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال درون هاون چینی له شد. سپس ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و خوب هم زده شد. مخلوط حاصل درون صافی فلزی ریخته شد و با قرار دادن صافی بر روی ارلن و اتصال ارلن به پمپ خلا،

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس سطوح شوری و نیتروژن بر صفات مورفولوژی، عملکرد وزن خشک و موسیلاژ گیاه ختمی.

موسیلاژ	میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
	وزن خشک کل بوته	ارتفاع	تعداد برگ بوته	سطح برگ بوته		
۰/۰۰۳۹**	۲۳/۶۷**	۶۸۵/۳۹**	۲۷۵/۴۷**	۶۲۶۹۳۵/۴**	۳	شوری
۰/۰۰۳۰**	۱۱/۰۴**	۱۸۲/۲۸**	۷۵/۲۵**	۱۴۷۸۰۴/۸**	۳	نیتروژن
۰/۰۰۱۷**	۳/۲۸*	۴۴/۸۹*	۱۶/۶۴*	۷۲۲۰۱/۲**	۹	شوری × نیتروژن
۰/۰۰۰۰۸	۱/۲۹۹	۱۷/۲۷	۵/۷۹	۵۱۷۵۸/۱	۳۲	خطا
۱۱/۸۴	۱۳/۰۴	۱۳/۰۵	۱۱/۸۱	۱۰/۷۹		ضریب تغییرات (%)

ns، * و ** به ترتیب بیانگر معنی دار نبودن، معنی دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرهای سطوح شوری و نیتروژن بر صفات مورفولوژی، عملکرد وزن خشک و موسیلاژ گیاه ختمی.

موسیلاژ	وزن خشک کل بوته	ارتفاع	تعداد برگ بوته	سطح برگ بوته	عامل آزمایشی
گرم بر بوته	گرم	سانتی متر		سانتی متر مربع	
۰/۰۹۷ ^a	۱۰/۰۲ ^a	۳۱/۸۳ ^b	۲۷/۱۷ ^a	۹۵۴/۸ ^a	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۰۸۱ ^b	۹/۷۴ ^a	۴۲/۵۰ ^a	۲۰/۰۸ ^b	۷۰۴/۹ ^b	۰
۰/۰۶۹ ^c	۸/۲۰ ^b	۲۷/۰۸ ^c	۱۸/۰۰ ^c	۵۹۹/۹ ^c	۲
۰/۰۵۵ ^d	۷/۰۱ ^c	۲۵/۹۲ ^c	۱۶/۲۵ ^c	۴۰۶/۴ ^d	۶
۰/۰۰۷۴	۰/۹۵	۳/۴۶	۲/۰۰	۵۹/۸۲	۱۰
					LSD
					سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
۰/۰۵۵ ^c	۷/۷۲ ^c	۲۶/۵۰ ^c	۱۶/۹۲ ^c	۵۳۲/۹ ^c	۰
۰/۰۷۷ ^b	۹/۹۰ ^a	۳۱/۴۲ ^b	۲۰/۱۷ ^b	۶۱۹/۶ ^b	۵۰
۰/۰۷۶ ^b	۹/۱۰ ^{ab}	۳۵/۰۰ ^a	۲۲/۰۰ ^{ab}	۷۳۸/۶ ^a	۱۰۰
۰/۰۹۳ ^a	۸/۲۵ ^{bc}	۳۴/۴۲ ^{ab}	۲۲/۴۲ ^a	۷۷۴/۸ ^a	۱۵۰
۰/۰۰۷۴	۰/۹۵	۴/۷۱	۲/۰۰	۵۹/۸۲	LSD

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

اولین واکنش‌های گیاهان به تنش شوری می‌باشد، چرا که تجمع ماده خشک بطور پیوسته در اثر شوری کاهش می‌یابد و ممکن است کاهش سطح برگ یکی از نتایج کاهش تجمع ماده خشک باشد (Ehsanzadeh et al., 2009). گیاه با دریافت نیتروژن، سطح برگ بیشتری تولید می‌کند. از سوی دیگر در مقادیر بالای نیتروژن، اندازه و تعداد برگ‌ها و طول عمر آنها

زیمنس بر متر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، سطح و تعداد برگ بیشتری نسبت به سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نشان داد (جدول ۳). کمترین سطح و تعداد برگ مربوط به تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن بود که به ترتیب ۷۰ و ۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند (جدول ۳). کاهش سطح برگ یکی از

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن بر صفات مورفولوژی گیاه ختمی.

سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع سانتی‌متر	سطح برگ سانتی‌متر مربع	تعداد برگ بوته	وزن خشک کل بوته گرم	موسیلاژ گرم بر بوته
	۰ (شاهد)	۲۸/۶۷ ^{def}	۸۲۹/۱ ^{bcd}	۲۰/۰۰ ^{cde}	۸/۴۶ ^{cde}	۰/۰۵۹ ^{fgh}
	۵۰	۳۰/۳۳ ^{de}	۷۹۶/۹ ^{b-e}	۲۶/۰۰ ^b	۱۱/۰۲ ^a	۰/۰۸۴ ^{bcd}
	۱۰۰	۳۰/۰۰ ^{de}	۹۰۱/۲ ^b	۳۰/۶۷ ^a	۱۰/۴۲ ^{ab}	۰/۰۸۴ ^{bcd}
	۱۵۰	۳۸/۳۳ ^{bc}	۱۲۹۲/۲ ^a	۳۲/۰۰ ^a	۱۰/۱۸ ^{abc}	۰/۱۶۰ ^a
	۰	۳۳/۳۳ ^{cd}	۶۳۰/۹ ^{d-g}	۱۷/۳۳ ^{d-g}	۹/۱۳ ^{a-d}	۰/۰۷۴ ^{def}
۲	۵۰	۴۵/۰۰ ^{ab}	۶۶۴/۲ ^{c-f}	۱۹/۳۳ ^{c-f}	۱۰/۰۴ ^{abc}	۰/۰۸۹ ^{bc}
	۱۰۰	۴۷/۳۳ ^a	۸۹۲/۶ ^b	۲۳/۰۰ ^{bc}	۱۰/۸۲ ^{ab}	۰/۰۹۸ ^b
	۱۵۰	۴۴/۳۳ ^{ab}	۶۳۱/۸ ^{d-g}	۲۰/۶۷ ^{cd}	۸/۹۵ ^{bcd}	۰/۰۶۱ ^{efg}
	۰	۲۴/۳۳ ^{efg}	۴۲۰/۳ ^{hij}	۱۶/۶۶ ^{d-g}	۷/۴۷ ^{d-g}	۰/۰۴۵ ^{hij}
	۵۰	۲۸/۳۳ ^{def}	۵۶۳/۹ ^{fgh}	۱۹/۰۰ ^{c-f}	۹/۹۱ ^b	۰/۰۷۶ ^{cd}
۶	۱۰۰	۳۱/۳۳ ^d	۸۳۶/۶ ^{bc}	۱۸/۶۷ ^{def}	۸/۳۷ ^{cde}	۰/۰۷۶ ^{cd}
	۱۵۰	۳۳/۳۳ ^{cd}	۵۷۸/۵ ^{fgh}	۱۷/۶۷ ^{d-g}	۶/۰۵ ^{fg}	۰/۰۷۷ ^{cd}
	۰	۱۹/۶۷ ^g	۲۵۱/۶ ^j	۱۳/۶۷ ^g	۵/۸۰ ^g	۰/۰۴۰ ^j
	۵۰	۲۲/۰۰ ^{fg}	۴۵۳/۳ ^{ghi}	۱۶/۳۳ ^{efg}	۷/۶۲ ^{d-g}	۰/۰۵۸ ^{ghi}
۱۰	۱۰۰	۳۱/۳۳ ^d	۳۲۳/۹ ^{ij}	۱۵/۶۷ ^{fg}	۶/۸۱ ^{efg}	۰/۰۴۴ ^{ij}
	۱۵۰	۳۰/۶۷ ^{de}	۵۹۶/۸ ^{e-g}	۱۹/۳۳ ^{c-f}	۷/۸۰ ^{def}	۰/۰۷۵ ^{cde}
	LSD (5%)	۶/۹۱	۲۰۰/۶	۴/۰۰	۱/۹۰	۰/۰۱۵

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن منجر به کاهش اثرات منفی تنش شوری و در نتیجه افزایش رشد (ماده خشک گیاه و سطح برگ) گیاه دارویی خردل نسبت به تیمار شاهد شدند (Rais et al., 2013).

ارتفاع گیاه: مقایسه میانگین سطوح شوری بر ارتفاع گیاه نشان داد بالاترین ارتفاع گیاه مربوط به سطح دو دسی‌زیمنس بر متر شوری بود و با افزایش سطح شوری از سطح دو دسی‌زیمنس بر متر به بالا تا سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه کاهش یافت (جدول ۲). مصرف کود نیتروژن در هر سطح باعث افزایش ارتفاع گیاه شد، ولی این روند بین سطوح روند مشخصی نداشت. به طوری که، بیشترین ارتفاع گیاه در سطح

افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد، همچنین مصرف نیتروژن و به تبع آن افزایش تعداد و سطح برگ موجب تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و در نتیجه تولید برگ‌های بیشتر، افزایش ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی می‌گردد. با افزایش شوری سطح پایین‌تر کود نیتروژن، تأثیر بالاتری بر افزایش سطح برگ دارد (Esmaili et al., 2008). طبق نتایج Wen-Zhi و همکاران (۲۰۱۴) با کاربرد نیتروژن، سطح برگ گیاه آفتابگردان در تمام سطوح شوری افزایش یافت. طبق گزارش خانی نژاد (۱۳۸۹) با افزایش کود نیتروژن در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، شاخص سطح سبز گیاه کوشیا افزایش یافت. تیمار گیاهان تحت شوری با

۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۳۵ سانتی متر بود که افزایش ۳۲ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن نشان داد (جدول ۲). برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن نشان داد بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با ۴۷/۳۳ سانتی متر بود که افزایش ۶۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت، کمترین ارتفاع مربوط به تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف کود نیتروژن با ۱۹/۶۷ سانتی متر بود که کاهش ۳۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۳). افزایش ارتفاع گیاه می‌تواند در نتیجه کاهش عناصر سمی باشد. شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک باعث کاهش آب سلول و بافت‌های گیاهی می‌شود. در آزمایش حاضر تأثیر منفی شوری به ویژه در سطح شدید برای ارتفاع گیاه ختمی به وضوح دیده شد (جدول ۲). کود نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش طول میانگره‌ها و شاخ و برگ گیاه، موجب افزایش ارتفاع گیاه شود (Moghaddam et al., 1997). نتایج Wen-Zhi و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که ارتفاع گیاه آفتابگردان در مرحله رسیدگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفت. در مطالعه نادیان و همکاران (۱۳۹۴)، افزایش کود اوره منجر به کاهش اثرهای منفی شوری بر شاخص‌های رشد ریشه و اندام هوایی گیاه شد. نتایج مشابهی دال بر کاهش ارتفاع گیاه با افزایش شوری و کاهش اثر سوء شوری با افزایش کود نیتروژن در نیشکر گزارش شده است (رستمی و طاهری، ۱۳۹۲).

وزن خشک کل بوته: با افزایش سطوح شوری وزن خشک کل بوته کاهش یافت و کمترین وزن خشک بوته در سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری با ۷/۰۱ گرم مشاهده گردید، که کاهش ۳۰ درصدی نسبت به تیمار عدم تنش داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد، مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث افزایش وزن خشک کل بوته شد، که به ترتیب افزایش ۲۸ و ۱۸ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن داشتند (جدول ۲). مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن واکنش کمتری نسبت

به سطح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به وزن خشک اندام هوایی نشان داد (جدول ۲). برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن نشان داد بیشترین وزن خشک کل بوته مربوط به تیمار عدم تنش و تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت، در حالی‌که با افزایش سطوح شوری تا سطح شش دسی‌زیمنس بر متر، سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار و پس از آن سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار واکنش بهتری به افزایش وزن ماده خشک هوایی نشان دادند (جدول ۳). کمترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن بود و کاهش ۳۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت، که با سطح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (جدول ۳). کاهش وزن بیوماس کل می‌تواند ناشی از هزینه انرژی متابولیک مربوط به سازگاری در شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن، صدمه به بافت‌ها و رسیدن به حداکثر غلظت نمکی باشد که گیاه آن را تحمل می‌کند (زادوریان و همکاران، ۱۳۹۰). در این مطالعه سطح و تعداد برگ گیاه کاهش یافت (جدول ۲) که خود منجر به کاهش وزن خشک کل اندام هوایی تحت شرایط تنش شد (جدول ۲). نیتروژن از طریق افزایش تقسیم و تورژسانس سلول‌های مرستمی می‌تواند رشد رویشی و شاخه‌دهی را افزایش دهد، از طرفی با مصرف کود نیتروژن، گیاه دسترسی سریع‌تر و آسان‌تری به مواد غذایی دارد و کمتر نیازمند توسعه ریشه برای تأمین مواد غذایی خود است، در نتیجه می‌تواند انرژی خود را معطوف توسعه اندام‌های هوایی کند (زارع و همکاران، ۱۳۹۲). در دسترس بودن نیتروژن برای گیاه موجب افزایش مقاومت به تنش می‌شود (Chen et al., 2010) و این به خاطر نقش تغذیه ای و اسمزی است که نیتروژن در خاک‌های شور ایفا می‌کند (Ding et al., 2010). در گیاه دارویی ریحان با اعمال ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مقایسه با عدم کاربرد کود، میانگین ماده تر و خشک

نیتروژن بود، که افزایش ۱۷۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. در حالیکه کمترین میزان موسیلاژ برگ مربوط به تیمار تنش ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن با ۰/۰۴ گرم بود، که کاهش ۳۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۳). موسیلاژ به عنوان یک ترکیب پلی‌ساکاریدی و آب دوست توانایی نگهداری مقادیر قابل توجهی از رطوبت را داشته و در افزایش مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی، کمک شایانی به رشد گیاه می‌کند (Ghanem et al., 2010). در این مطالعه در شرایط عدم تنش شوری و مصرف کود نیتروژن، توانایی گیاه در ساخت پلی‌ساکاریدهای ساختاری مانند موسیلاژ بیشتر بوده و در نتیجه باعث حفظ بیشتر برگ‌ها و فتوسنتز بیشتر شده (جدول ۲)، در حالیکه با افزایش سطح شوری توانایی گیاه برای ساخت این ترکیب پلی‌ساکاریدی کمتر شده و موسیلاژ برگ کاهش یافته است و میزان آسیب وارد شده به برگ نیز بیشتر بوده است (جدول ۲). صادقی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که کاربرد کود اوره باعث افزایش چشمگیر درصد و عملکرد موسیلاژ گیاه ختمی شد. همچنین پوریوسف و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که عملکرد موسیلاژ بذر اسفزه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک از جمله کود دامی و شیمیایی (۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن) قرار گرفت. Yadav و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش عملکرد موسیلاژ گردید که این امر را مربوط به اثر مفید نیتروژن در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن عنوان کردند. بنابراین می‌توان گفت در شرایط شوری، کاربرد نیتروژن باعث افزایش موسیلاژ برگ گیاه ختمی می‌شود (جدول ۳).

صفات فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس صفات محتوای نسبی آب برگ، پرولین، کاروتنوئید، آنتوسیانین و محتوای کلروفیل نشان داد بین سطوح شوری و نیتروژن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد و برهمکنش آنها برای صفات محتوای نسبی آب برگ، پرولین و کاروتنوئید در سطح پنج و بین صفات آنتوسیانین و محتوای کلروفیل اختلاف

تحت تنش شوری افزایش یافت، اما با افزایش نیتروژن تا میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، میزان این صفت کاهش یافت (کازرونی و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین در شرایط شوری، تأثیر یون‌های سمی، کمبود مواد غذایی و اختلال تغذیه‌ای از عوامل اصلی و مؤثر برای کاهش رشد هستند، ماده خشک ذرت و کتان با تنش شوری کاهش یافت اما با کاربرد نیتروژن افزایش یافت (Esmaili et al., 2008). به نظر می‌رسد بخشی از کاهش وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری به علت اثرهای سمی یون سدیم بوده است، چرا که چنین تغییراتی باعث اختلال در فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود که در نتیجه آن کاهش در وزن خشک گیاه می‌شود. کاهش سطح و تعداد برگ و ارتفاع گیاه از عوامل مهم در کاهش وزن خشک اندام هوایی هستند (جدول ۲). در حالیکه، مصرف کود نیتروژن با تأثیر بر عناصر پتاسیم و کلسیم باعث مقاومت گیاه شد، اما در بین سطوح کودی سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به طور مؤثری می‌تواند اثرهای منفی تنش شوری را تا حدی کاهش دهد، این در حالی بود که مصرف بیشتر از آن باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه می‌شود (جدول ۳). در این راستا Rais و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری و در نتیجه افزایش رشد (ماده خشک گیاه و سطح برگ) گیاه دارویی خردل نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

موسیلاژ برگ: مقایسه میانگین بین سطوح تنش شوری نشان داد با افزایش سطوح شوری، موسیلاژ برگ کاهش می‌یابد. سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۴۳ درصدی موسیلاژ برگ نسبت به تیمار عدم تنش شد (جدول ۲). مقایسه میانگین بین سطوح نیتروژن نشان داد کود نیتروژن باعث افزایش موسیلاژ برگ می‌شود. این افزایش در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برابر ۰/۰۹۳ گرم بود، که افزایش ۶۹ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن نشان داد بالاترین میزان موسیلاژ برگ با ۰/۱۶ گرم مربوط به تیمار عدم تنش و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای آب نسبی برگ، پرولین، کاروتنوئید، آنتوسیانین و محتوای کلروفیل برگ گیاه ختمی.

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای آب نسبی برگ	پرولین	کاروتنوئید	آنتوسیانین	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
شوری	۳	۸۷۲/۶۰***	۱/۶۹**	۶۵/۵۳***^	۰/۰۲۱**	۱/۰۹**	۰/۱۱۵**	۱۷۱/۶۸**
نیتروژن	۳	۱۲۶/۳۹**	۱/۱۴**	۱/۶۴*	۰/۰۳۸**	۰/۰۵۷**	۰/۰۰۴*	۳۷/۰۸**
شوری × نیتروژن	۹	۵۸/۰۴*	۰/۲۷۴*	۰/۹۲*	۰/۰۱۲**	۰/۱۴۳**	۰/۰۳۷۷**	۱۰/۴۶**
خطا	۳۲	۲۲/۲۴	۰/۱۲۸	۷/۴۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱۱	۰/۷۶
ضریب تغییرات (%)		۶/۰۴	۹/۵۲	۰/۴۳	۹/۶۷	۱۰/۱۲	۱۲/۶۸	۸/۵۳

ns، * و ** به ترتیب بیانگر معنی دار نبودن، معنی دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.

مصرف کود نیتروژن به دلیل افزایش سطح ریشه و در نتیجه توانایی گیاه در جذب آب بیشتر می‌تواند باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شود (Pierret et al., 2005). مقامی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که نیتروژن و تنش و برهمکنش آنها بر محتوای نسبی آب برگ معنی دار بود. همچنین بیان داشتند بیشترین محتوای نسبی آب برگ با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تیمار شاهد و کمترین آنها در تیمار بدون کاربرد نیتروژن در تیمار تنش شدید به دست آمد. این مطالعه با نتایج حاصل از آزمایش ما مطابقت دارد.

محتوای پرولین: در این آزمایش شوری منجر به افزایش غلظت پرولین برگ گردید، بیشترین افزایش در سطح شش دسی‌زیمنس بر متر با افزایش ۲۵ درصدی نسبت به تیمار عدم تنش بود (جدول ۵). بین تیمارهای کودی نیتروژن، بالاترین محتوای پرولین در تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که به ترتیب افزایش ۱۷ و ۲۱ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن برای محتوای پرولین نشان داد که همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش یافتند. بیشترین افزایش محتوای پرولین در تیمار شش دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود و کمترین افزایش در تیمار دو دسی‌زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف کود نیتروژن بدست آمد که به ترتیب افزایش ۶۱ و ۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۶). طی

معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴).
محتوای نسبی آب برگ: محتوای نسبی آب برگ با افزایش سطوح شوری کاهش یافت و این کاهش برای سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر بود که کاهش ۱۹ درصدی نسبت به تیمار عدم تنش شوری نشان داد (جدول ۵). در بین سطوح کودی، سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین محتوای نسبی آب برگ را داشت که اختلاف معنی داری از لحاظ آماری با سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت که به ترتیب افزایش ۱۰ و ۷ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن نشان داد بالاترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که افزایش ۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان داد، در حالیکه کمترین میزان در تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن بود که کاهش ۴۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۶). یکی از روش‌های مشخص‌کننده وضعیت آب گیاهان در شرایط تنش شوری، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ است. کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط شور می‌تواند ناشی از کاهش مقدار جذب آب باشد (معمارمنظرین، ۱۳۹۳). در شرایط تنش، افزایش غلظت ترکیبات نیتروژنی در اطراف ریشه منجر به افزایش فشار اسمزی و تلاش بیشتر گیاه برای حفظ آب سلول‌ها و کاهش تعرق می‌گردد (Pierret et al., 2005).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرهای سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای آب نسبی برگ، پرولین، کاروتنوئید، آنتوسیانین و محتوای کلروفیل برگ گیاه ختمی.

عامل آزمایشی	محتوای آب نسبی برگ		پرولین	کاروتنوئید	آنتوسیانین	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
	درصد	میکرومول بر گرم وزن تر برگ						
سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)								
۰	۸۶/۶۵ ^a	۳/۴۲ ^c	۱۰/۹۷ ^a	۰/۱۴۲ ^b	۰/۹۶ ^b	۰/۳۹ ^a	۱۳/۷۶ ^a	
۲	۸۴/۰۸ ^a	۳/۵۳ ^{bc}	۱۰/۴۴ ^a	۰/۱۹۸ ^a	۱/۰۵ ^a	۰/۳۱ ^b	۱۳/۰۱ ^b	
۶	۷۱/۲۸ ^b	۴/۲۷ ^a	۸/۱۹ ^b	۰/۱۰۶ ^c	۰/۶۴ ^c	۰/۲۰ ^c	۸/۱۷ ^c	
۱۰	۷۰/۱۸ ^b	۳/۷۸ ^b	۵/۸۶ ^c	۰/۱۱۵ ^c	۰/۴۰ ^d	۰/۱۷ ^d	۵/۹۳ ^d	
LSD	۳/۹۲	۰/۳۰	۰/۵۵	۰/۰۱۱	۰/۰۶۴	۰/۰۲۸	۰/۷۲	
سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)								
۰	۷۴/۲۶ ^c	۳/۳۲ ^b	۸/۵۵ ^b	۰/۱۰۵ ^c	۰/۵۷ ^c	۰/۲۴ ^b	۸/۴۷ ^c	
۵۰	۷۶/۹۳ ^{bc}	۳/۷۷ ^a	۸/۶۸ ^b	۰/۱۰۱ ^c	۰/۷۰ ^b	۰/۲۶ ^{ab}	۹/۶۶ ^b	
۱۰۰	۸۱/۹۱ ^a	۳/۹۰ ^a	۸/۸۳ ^b	۰/۱۳۳ ^b	۰/۷۰ ^b	۰/۲۸ ^a	۱۰/۱۱ ^b	
۱۵۰	۷۹/۰۹ ^{ab}	۴/۰۲ ^a	۹/۳۹ ^a	۰/۲۲۲ ^a	۱/۰۸ ^a	۰/۲۹ ^a	۱۲/۶۴ ^a	
LSD	۳/۹۲	۰/۳۰	۰/۵۵	۰/۰۱۱	۴/۷۱	۰/۰۲۸	۰/۷۲	

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

نیتروژن در ساختمان خود می‌باشد. لذا با کاربرد نیتروژن می‌توان میزان پرولین گیاه و در نتیجه مقاومت گیاه را به تنش‌ها افزایش داد. نتایج تحقیقات Chen و همکاران (۲۰۰۷)، و Munns (۲۰۰۲) نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن برگ در شرایط تنش شوری، ترکیب پرولین در گیاه افزایش می‌یابد. افزایش پرولین در این گیاه تحت تنش شوری و کاربرد نیتروژن در واقع نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش پتانسیل محتوای نسبی آب در گیاه می‌باشد (جدول ۵). در این زمان پرولین با کم کردن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه شرایط لازم برای جذب آب و عناصر غذایی را فراهم می‌کند. نقش نیتروژن در کاهش تنش شوری از طریق افزایش تجمع نیتروژن و تشکیل اسمولیت گزارش شده است (Rais et al., 2013).

محتوای کاروتنوئید و آنتوسیانین: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد محتوای کاروتنوئید در سطح صفر و دو دسی‌زیمنس بر متر و آنتوسیانین در سطح دو دسی‌زیمنس بر

مطالعه Sannada و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی تأثیر شوری بر گندم و جو بیان کردند افزایش پرولین در شرایط تنش شوری ممکن است به دلیل تولید یا کاهش اکسیداسیون پرولین گلوتامات و یا تبدیل پروتئین به پرولین باشد. پرولین به عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهانی که در معرض تنش‌های اسمزی قرار گرفته‌اند، نقش قابل توجهی را ایفا می‌کند. پرولین در امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها از طریق تنظیم اسمزی، عمل آنتی‌اکسیدانی، انتقال انرژی، ذخیره کربن و انرژی، از بین بردن رادیکال‌های هیدروکسیل، تنظیم پتانسیل اکسیدانی سلول، کاهش pH و حفظ تورژسانس سلولی که برای پایداری سلول لازم است، ایفای نقش می‌کند (Delauay and Verma, 1993). حیدری و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند استفاده از منابع کودی آمونیوم، نترات و آمونیوم به همراه نترات موجب افزایش پرولین در گیاه اسفرزه می‌گردد. بر طبق نظر Marschner (۲۰۱۱) پرولین ترکیبی آلی است که حاوی

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای آب نسبی برگ، پرولین، کاروتنوئید، آنتوسیانین و محتوای کلروفیل برگ گیاه ختمی.

کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	آنتوسیانین	کاروتنوئید	پرولین میکرومول برگرم وزن تر برگ	محتوای آب نسبی برگ درصد	سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
۱۰/۲۹ ^{de}	۰/۳۴۷ ^{bc}	۰/۵۷ ^g	۰/۰۷۱ ^h	۱۰/۹۹ ^{ab}	۲/۸۶ ^f	۸۷/۱۴ ^{ab}	۰ (شاهد)	
۱۳/۱۲ ^b	۰/۳۹۰ ^{ab}	۰/۸۶ ^{cd}	۰/۰۷۵ ^{gh}	۱۱/۶۲ ^a	۳/۶۴ ^{de}	۸۳/۹۸ ^{abc}	۵۰	
۱۳/۴۳ ^b	۰/۳۸۶ ^{ab}	۰/۹۱ ^c	۰/۰۹۶ ^{d-g}	۱۰/۶۹ ^{abc}	۳/۷۹ ^{cd}	۸۶/۶۲ ^{ab}	۱۰۰	۰
۱۸/۲۰ ^a	۰/۴۲۱ ^a	۱/۵۰ ^b	۰/۳۲۷ ^a	۱۰/۵۷ ^{abc}	۳/۴۰ ^{def}	۸۸/۸۷ ^{ab}	۱۵۰	
۱۲/۰۷ ^{bc}	۰/۳۲۳ ^c	۰/۸۸ ^{cd}	۰/۱۵۹ ^b	۹/۹۹ ^{bc}	۳/۱۰ ^{ef}	۸۱/۱۹ ^{bcd}	۰	
۱۱/۵۸ ^{cd}	۰/۲۹۷ ^{cd}	۰/۸۸ ^{cd}	۰/۱۴۰ ^{bc}	۹/۷۸ ^{cd}	۳/۴۷ ^{de}	۸۱/۰۷ ^{bcd}	۵۰	۲
۱۰/۷۸ ^{cd}	۰/۲۹۴ ^{cd}	۰/۷۷ ^{de}	۰/۱۶۲ ^b	۱۰/۳۵ ^{bc}	۳/۶۰ ^{de}	۹۱/۳۷ ^a	۱۰۰	
۱۷/۶۳ ^a	۰/۳۲۵ ^c	۱/۶۷ ^a	۰/۳۳۰ ^a	۱۱/۶۴ ^a	۳/۹۶ ^{bcd}	۸۲/۷۰ ^{bc}	۱۵۰	
۶/۸۳ ^{gh}	۰/۱۷۲ ^{fgh}	۰/۵۳ ^{gh}	۰/۱۰۹ ^{de}	۷/۵۷ ^{fg}	۳/۵۸ ^{de}	۶۶/۳۸ ^{fg}	۰	
۸/۳۵ ^f	۰/۲۲۱ ^{ef}	۰/۶۲ ^{fg}	۰/۰۹۸ ^{def}	۷/۹۸ ^{ef}	۴/۴۸ ^{ab}	۷۶/۷۹ ^{cde}	۵۰	۶
۸/۶۴ ^f	۰/۲۰۴ ^{fg}	۰/۷۰ ^{ef}	۰/۱۱۷ ^{cd}	۸/۴۱ ^{ef}	۴/۶۱ ^a	۷۱/۵۰ ^{ef}	۱۰۰	
۸/۸۶ ^{ef}	۰/۲۱۷ ^{ef}	۰/۷۰ ^{ef}	۰/۰۹۸ ^{def}	۸/۷۹ ^{de}	۴/۳۹ ^{ab}	۷۰/۴۶ ^{ef}	۱۵۰	
۴/۶۸ ⁱ	۰/۱۳۸ ^h	۰/۳۱ ⁱ	۰/۰۸۱ ^{fgh}	۵/۶۵ ^{hi}	۳/۷۲ ^d	۶۲/۳۵ ^g	۰	
۵/۵۷ ^{hi}	۰/۱۴۰ ^h	۰/۴۳ ^{hi}	۰/۰۹۰ ^{e-g}	۵/۳۶ ⁱ	۳/۴۹ ^{de}	۶۵/۸۸ ^{fg}	۵۰	۱۰
۷/۵۹ ^{fg}	۰/۲۶۱ ^{cd}	۰/۴۱ ^{hi}	۰/۱۵۷ ^b	۵/۸۷ ^{hi}	۳/۵۹ ^{de}	۷۸/۱۷ ^{cde}	۱۰۰	
۵/۸۸ ^{hi}	۰/۱۵۵ ^{gh}	۰/۴۴ ^{hi}	۰/۱۳۳ ^c	۶/۵۷ ^{gh}	۴/۳۴ ^{abc}	۷۴/۳۱ ^{de}	۱۵۰	
۱/۴۵	۰/۰۵۷	۰/۱۲۸	۰/۰۲۳	۱/۰۹	۰/۵۹	۷/۸۴	LSD (5%)	

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

بالاترین محتوای کاروتنوئید در تیمار دو دسی‌زیمنس بر متر شوری و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و همچنین تیمار عدم تنش و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود و کمترین در تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری و سطح صفر و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که به ترتیب به طور متوسط افزایش ۶ درصدی و کاهش ۴۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۶). تیمار عدم تنش شوری در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین محتوای آنتوسیانین و تیمار عدم

متر افزایش یافت، این افزایش برای آنتوسیانین ۳۹ درصد نسبت به تیمار عدم تنش بود، در حالیکه در سطح ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، کاروتنوئید و آنتوسیانین به ترتیب ۴۷ و ۱۹ درصد نسبت به تیمار عدم تنش کاهش یافتند (جدول ۵). سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با افزایش کاروتنوئید و آنتوسیانین به ترتیب ۱۰ و ۱۱۱ درصد نسبت به عدم مصرف نیتروژن بیشترین تغییر را داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن حاکی از آن است که

مصرف کود نیتروژن کمترین محتوای آنتوسیانین را به ترتیب با ۰/۳۲۷ و ۰/۰۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ داشتند (جدول ۶). کاروتنوئیدها، به عنوان رنگدانه‌های کمکی برای انتقال انرژی در فتوسنتز عمل می‌کنند و نقش مؤثری در حفاظت از سامانه فتوشیمیایی و پایداری آن در شرایط تنش دارند (Deng *et al.*, 2003). آنتوسیانین‌ها به عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد، گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند، مقدار آنتوسیانین در غلظت پایین شوری افزایش پیدا کرد که باعث ایجاد مقاومت بیشتر در برابر شوری گردید. ولی در غلظت‌های بالای شوری، مقدار آن در مقایسه با گیاه شاهد کاهش یافت، کاهش آنتوسیانین در غلظت‌های بالاتر را نمی‌توان به مقاومت کم گیاه در برابر شوری نسبت داد، زیرا ممکن است گیاه از مکانیسم‌های دیگری برای مقاوم‌سازی خود استفاده کرده باشد (بهنام‌نیا و شنوایی‌زارع، ۱۳۹۲). نتایج El-Gendy و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن فرار می‌گیرند. بالاترین میزان کلروفیل a و کاروتنوئید با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. افزایش محتوای کاروتنوئید و آنتوسیانین برگ با کاربرد کود نیتروژن تحت تنش شوری می‌تواند در نتیجه تأثیر افزایش محتوای پرولین به عنوان اسمولیت سازگار در تنظیم اسمزی گیاه باشد (جدول ۶). در مطالعه امیری و همکاران (۱۳۹۴) کاربرد نیتروژن باعث افزایش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئید تحت شرایط تنش شد.

محتوای کلروفیل: مقایسه میانگین‌ها نشان داد سطح دو دسی‌زیمنس بر متر شوری منجر به افزایش محتوای کلروفیل a شد، این در حالی است که تیمار شوری شش و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش محتوای کلروفیل a، b و کل نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۵). به نظر می‌رسد یکی از اثرهای مهم شوری شدید روی گیاه پیری برگ بوده و عامل مهم در این میان کاهش میزان کلروفیل تحت تنش شوری می‌باشد. بنابراین در مطالعه حاضر کاهش محتوای کلروفیل (جدول ۵) به دلیل تمایل گیاه در جهت افزایش سنتز پرولین (جدول ۵) تحت تنش شوری می‌باشد. همه سطوح نیتروژن باعث افزایش

محتوای کلروفیل شدند، با این حال، بالاترین محتوای کلروفیل a، b و کل مربوط به سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به ترتیب با افزایش ۸۹، ۲۱ و ۴۹ درصد نسبت به تیمار عدم کود نیتروژن بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن حاکی از آن است که بالاترین محتوای کلروفیل a مربوط به سطح شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با افزایش ۱۹۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد بوده است، در حالیکه کمترین میزان محتوای کلروفیل a در تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن با کاهش ۴۶ درصد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین محتوای کلروفیل b مربوط به تیمار عدم تنش و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین در تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف کود نیتروژن بود، که به ترتیب افزایش ۲۱ و کاهش ۶۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۶). بالاترین محتوای کلروفیل کل مربوط به تیمار شاهد و همچنین تیمار شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و هر دو تحت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به ترتیب با ۱۸/۲۰ و ۱۷/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود، کمترین محتوای کلروفیل کل مربوط به تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن با ۴/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بوده است، که کاهش ۵۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۶). افزایش غلظت کلروفیل در تنش خفیف تا متوسط در برخی گونه‌ها را می‌توان به کاهش ابعاد سلول‌ها تحت چنین شرایط و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ نسبت داد (Li *et al.*, 2010). کاهش غلظت کلروفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است بدلیل، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز و تجزیه کلروفیل و ایجاد اختلال در چرخه گزانتوفیل و تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی، تغییر در نسبت پروتئین به لیپید در مجموعه‌های رنگدانه-پروتئین و ممانعت از تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (طباطبایی، ۱۳۹۳). نیتروژن از جمله عناصر تشکیل دهنده کلروفیل می‌باشد، بنابراین افزایش نیتروژن محیط رشد گیاه موجب افزایش کلروفیل گیاه می‌گردد (زارع و

همکاران، ۱۳۹۲). خزائی و ارشدی (۱۳۸۷) به وجود یک رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین میزان نیتروژن مصرفی در خاک با غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ پی بردند. از آنجایی که شوری فعالیت آنزیم نیتروژناز را کاهش داده و مستقیماً جذب نیتروژن را محدود می‌کند و با توجه به اینکه نیتروژن جز اصلی سنتز ترکیبات پروتئینی اعم از آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، هورمون‌ها، کلروفیل و دیگر ترکیبات سلولی به حساب می‌آید، لذا افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی به دنبال کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن توجیه‌پذیر خواهد بود (Khan *et al.*, 1995). در این راستا Rais و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند کاربرد نیتروژن به خاک با کاهش تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تیمار تنش می‌شود.

غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، کلسیم و نسبت سدیم به کلسیم در سطح احتمال یک درصد بین سطوح شوری اختلاف معنی‌داری داشتند، همچنین بین سطوح نیتروژن، غلظت سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، کلسیم و نسبت سدیم به کلسیم در سطح یک درصد و غلظت پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن برای غلظت سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و نسبت سدیم به کلسیم در سطح یک درصد و غلظت پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالیکه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری برای غلظت پتاسیم وجود نداشت (جدول ۷).

غلظت سدیم، نسبت Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} بخش هوایی در اثر تنش شوری افزایش یافت (جدول ۸). تیمار ۱۰ دسی زیمنس بر متر شوری به ترتیب افزایش ۲۱۷، ۳۳۹ و ۵۲۷ درصدی سدیم، نسبت Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} را نسبت به تیمار عدم تنش شوری داشت (جدول ۸). غلظت پتاسیم و کلسیم با افزایش شوری کاهش یافتند به طوریکه تیمار ۱۰ دسی زیمنس بر متر شوری، غلظت پتاسیم و کلسیم را به ترتیب ۲۷ و ۴۷ درصد نسبت به تیمار عدم تنش شوری کاهش داد (جدول ۸). مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان می‌دهد با افزایش میزان مصرفی کود نیتروژن غلظت یون سدیم و نسبت Na^+/K^+

Na^+/Ca^{2+} بخش هوایی کاهش و غلظت پتاسیم و کلسیم افزایش می‌یابد (جدول ۸). غلظت سدیم و نسبت Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب کاهش ۴۱، ۵۱ و ۶۱ درصد را نسبت به تیمار عدم کود نیتروژن داشتند، در حالیکه تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش پتاسیم و کلسیم بخش هوایی به ترتیب ۱۶ و ۴۵ درصد نسبت به تیمار عدم کود نیتروژن شد (جدول ۸). مقایسه میانگین برهمکنش سدیم و نیتروژن بر غلظت عناصر بخش هوایی نشان داد بیشترین غلظت سدیم و Na^+/K^+ و Na^+/Ca^{2+} مربوط به تیمار شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و عدم مصرف کود نیتروژن بود که به ترتیب افزایش ۳۴۲، ۵۴۶ و ۷۶۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۹)، در حالیکه بیشترین میزان کلسیم مربوط به تیمار عدم تنش و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (جدول ۹). افزایش Na^+ سلول منجر به کاهش پتانسیل اسمزی می‌شود که خود منجر به مصرف انرژی متابولیکی برای حفظ تورژسانس و جذب آب می‌شود و نهایتاً به کاهش رشد و عملکرد گیاه منتهی می‌شود. از طرفی افزایش تجمع Na^+ و Cl^- منجر به بروز اثرهای یونی شوری می‌شود. ورود سدیم به ریشه غیرفعال است و کانال‌ها و ناقل‌ها وظیفه انتقال سدیم را به‌عهده دارند (Tester and Davenport, 2003). تعداد زیادی از سیستم‌های انتقال پتاسیم، مثل انتقال‌های هم‌جهت Na^+/K^+ تمایل به انتقال سدیم نیز دارند. بدلیل شباهت ساختار فیزیوشیمیایی Na^+ با K^+ ، در سایت‌های ورود به سیمپلاست Na^+ با K^+ رقابت می‌کند و در شرایطی که غلظت Na^+ در خاک بالا می‌باشد، می‌تواند منتهی به کمبود K^+ شود (Maathuis and Amtmann, 1999). این مکانیسم رقابتی بیانگر آن است که برای اینکه گیاه رشد طبیعی داشته باشد نه تنها غلظت سدیم باید پایین نگه داشته شود بلکه نسبت Na^+/K^+ نیز باید پایین باشد. مطالعات حاکی از آن است که پایین نگه‌داشتن نسبت Na^+/K^+ یکی از فاکتورهای کلیدی تحمل شوری است. در بسیاری از مطالعات، تحمل شوری به دفع بیشتر Na^+ و تجمع غلظت بالاتری از K^+ و نتیجتاً پایین‌تر بودن نسبت Na^+/K^+ ارتباط داده شده است و همبستگی مثبتی بین غلظت K^+ و نسبت Na^+/K^+ و تحمل

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای عناصر برگ گیاه ختمی.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سدیم به پتاسیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	کلسیم
شوری	۳	۱۵۸۰۵/۰**	۳۲۳۵/۲۶**	۱/۸۰۴**	۳۵۸/۳**
نیتروژن	۳	۳۵۲۹/۱**	۷۸۱/۷۳*	۰/۴۰۶**	۱۶۶/۹۲**
شوری × نیتروژن	۹	۸۸۲/۶**	۱۱۹/۸۱ ^{ns}	۰/۰۹۴**	۲۲/۳۲*
خطا	۳۲	۱۴۶/۶۷	۲۳۱/۷	۰/۰۱۵	۹/۷۹
ضریب تغییرات (%)		۱۶/۲۰	۱۱/۷۹	۱۹/۷۵	۱۴/۲۰

ns, ** و *** به ترتیب بیانگر معنی دار نبودن، معنی دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرهای سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای عناصر برگ گیاه ختمی.

عامل آزمایشی	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	کلسیم	سدیم به کلسیم
سطوح شوری (دسی زمینس بر متر)					
۰	۳۷/۸۴ ^d	۱۴۵/۹۱ ^a	۰/۲۶۲ ^d	۲۶/۴۲ ^a	۱/۴۹ ^d
۲	۵۴/۸۳ ^c	۱۳۵/۰۵ ^{ab}	۰/۴۱۹ ^c	۲۴/۴۲ ^{ab}	۲/۴۳ ^c
۶	۸۶/۲۴ ^b	۱۲۸/۲۱ ^b	۰/۶۹۲ ^b	۲۳/۲۵ ^b	۳/۸۸۶ ^b
۱۰	۱۲۰/۱۴ ^a	۱۰۶/۹۷ ^c	۱/۱۵ ^a	۱۴/۰۸ ^c	۹/۳۴ ^a
LSD	۱۰/۰۷	۱۲/۶۶	۰/۱۰۴	۲/۶۰	۰/۵۱۷
سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)					
۰	۸۹/۵۹ ^a	۱۱۹/۲۲ ^b	۰/۸۲۲ ^a	۱۸/۶۷ ^c	۶/۰۸ ^a
۵۰	۸۷/۴۵ ^a	۱۲۸/۰۲ ^{ab}	۰/۷۲۷ ^a	۱۹/۷۵ ^c	۵/۳۶ ^b
۱۰۰	۶۸/۸۶ ^b	۱۳۰/۰۱ ^{ab}	۰/۵۶۸ ^b	۲۲/۷۵ ^b	۳/۳۱ ^c
۱۵۰	۵۳/۱۶ ^c	۱۳۸/۸۹ ^a	۰/۴۰۴ ^c	۲۷/۰۰ ^a	۲/۳۹ ^d
LSD	۱۰/۰۷	۱۲/۶۶	۰/۱۰۴	۲/۶۰	۰/۵۱۷

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

فتوسنتزی در گیاه می‌شود (Tzortzakis, 2010). کاهش غلظت Ca^{2+} و افزایش نسبت Na^+/Ca^{2+} در اثر شوری گزارش شده است (Batistic and Kudla, 2004). تغییر سطح کلسیم در سطح سلول توسط تعدادی از گیرنده‌های کلسیم که به‌طور اختصاصی با کلسیم باند می‌شوند تشخیص داده می‌شود. این گیرنده‌ها با انتقال سیگنال منجر به آغاز واکنش‌هایی در سلول می‌شوند که سلول را قادر می‌سازد وضعیت فیزیولوژیک خود

شوری وجود داشت (Chen et al., 2007). مکانیسم رقابتی مشابهی نیز برای جذب Ca^{2+} و Mg^{2+} در شرایط شور وجود دارد. جایگزین شدن سدیم به جای Ca^{2+} که در شرایط عادی به غشاهای سلولی باند شده است و در حفظ پایداری غشا مؤثر است می‌تواند بر نفوذپذیری غشا اثر گذارد (Likoswe and Lawn, 2008) کاهش غلظت Ca^{2+} در گیاه همچنین منجر به ایجاد اختلال در سرعت تبادل گازی و تأثیر بر ظرفیت

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای عناصر برگ گیاه ختمی.

سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	سدیم میلی‌گرم بر کیلوگرم	سدیم به پتاسیم میلی‌گرم بر کیلوگرم	کلسیم میلی‌گرم بر کیلوگرم	سدیم به کلسیم
۰ (شاهد)	۰	۳۵/۷۹ ^g	۰/۲۴۶ ^h	۲۱/۶۷ ^{de}	۱/۶۶ ^f
۵۰	۵۰	۴۰/۶۹ ^{fg}	۰/۲۹۹ ^{gh}	۲۵/۶۷ ^{bcd}	۱/۶۱ ^f
۱۰۰	۱۰۰	۳۹/۱۰ ^{fg}	۰/۲۵۷ ^h	۲۳/۰۰ ^{cde}	۱/۷۰ ^f
۱۵۰	۱۵۰	۳۵/۷۹ ^g	۰/۲۴۶ ^h	۳۵/۳۳ ^a	۱/۰۱ ^g
۰	۰	۵۹/۱۰ ^{def}	۰/۴۹۴ ^{efg}	۲۱/۳۳ ^{def}	۳/۰۷ ^e
۵۰	۵۰	۶۲/۱۸ ^{de}	۰/۴۸۲ ^{fg}	۱۹/۳۳ ^{efg}	۳/۱۸ ^e
۱۰۰	۱۰۰	۵۲/۳۳ ^{efg}	۰/۳۹۳ ^{gh}	۲۸/۰۰ ^{bc}	۱/۸۷ ^f
۱۵۰	۱۵۰	۴۵/۷۱ ^{efg}	۰/۳۰۷ ^{gh}	۲۹/۰۰ ^b	۱/۵۹ ^f
۰	۰	۱۰۵/۲۶ ^b	۰/۹۶۰ ^c	۲۰/۰۰ ^{efg}	۵/۲۷ ^c
۵۰	۵۰	۱۰۱/۹۵ ^b	۰/۷۷۳ ^c	۲۱/۶۷ ^{de}	۴/۷۳ ^d
۱۰۰	۱۰۰	۸۵/۴۱ ^{bc}	۰/۶۷۱ ^{def}	۲۳/۶۷ ^{cde}	۳/۶۳ ^e
۱۵۰	۱۵۰	۵۲/۳۳ ^{efg}	۰/۳۶۳ ^{gh}	۲۷/۶۷ ^{bc}	۱/۸۸ ^f
۰	۰	۱۵۸/۲۰ ^a	۱/۵۸۸ ^a	۱۱/۶۷ ^h	۱۴/۳۲ ^a
۵۰	۵۰	۱۴۴/۹۶ ^a	۱/۳۵۱ ^b	۱۲/۳۳ ^h	۱۱/۹۲ ^b
۱۰۰	۱۰۰	۹۸/۶۰ ^{bc}	۰/۹۵۱ ^c	۱۶/۳۳ ^{fgh}	۶/۰۵ ^c
۱۵۰	۱۵۰	۷۸/۸۰ ^{cd}	۰/۶۹۸ ^{de}	۱۶/۰۰ ^{gh}	۵/۰۹ ^{cd}
LSD (5%)					۱/۰۳

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

صورت اوره منجر به کاهش اثرهای منفی شوری بر شاخص‌های رشد ریشه و اندام هوایی گیاه شد. طبق مطالعه Esmaili و همکاران (۲۰۰۸)، غلظت سدیم و کلر در تیمارهای شوری ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تحت کاربرد نیتروژن در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن کاهش یافت. این کاهش احتمالاً مربوط به اثر رقابتی بین کلرید با نیترات و سدیم با آمونیوم در جذب می‌باشد. این در حالی است که غلظت و جذب کلسیم و منیزیم افزایش یافت. افزایش غلظت کلسیم و منیزیم احتمالاً به دلیل افزایش ظرفیت تبادل ریشه تحت کاربرد نیتروژن و در نتیجه جذب بیشتر کاتیون‌های دو ظرفیتی می‌باشد (Esmaili et al., 2008).

را در پاسخ به شرایط محیطی تنظیم کند (Batistic and Kudla, 2004).

نمک خاک‌های شور می‌تواند اثر مستقیمی بر جذب مواد غذایی داشته باشد. یون‌های سدیم، کلراید و تنش اسمزی و عدم تعادل غذایی می‌تواند موجب کاهش جذب نیترات گردند (Patel et al., 2010). بر همین اساس، به علت روابط رقابتی بین نیترات و کلر، جذب نیتروژن نیتراتی در شرایط شوری کاهش می‌یابد (یداللهی و اصغری‌پور، ۱۳۹۴). اغلب جذب مواد غذایی و انباشتگی توسط گیاهان تحت شرایط شوری کاهش می‌یابد، در نتیجه فرآیند رقابتی بین مواد غذایی و گونه‌های شورپسند به وجود می‌آید (Esmaili et al., 2008). در مطالعه حیدری و همکاران (۱۳۸۹) افزایش کود نیتروژن به

نتیجه گیری

آن کاهش در وزن خشک گیاه و موسیلاژ برگ می شود. با این وجود، مصرف کود نیتروژن با تأثیر بر فعالیت های فیزیولوژیکی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می تواند اثرهای منفی تنش شوری را تا حدی کاهش دهد، در حالیکه مصرف بیشتر از آن باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه می شود.

از نتایج مطالعه حاضر می توان چنین نتیجه گیری نمود که وزن خشک اندام هوایی و موسیلاژ برگ با افزایش شوری به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافتند. که این به دلیل اثرهای سمی یون های کلر و سدیم بوده است، به دلیل این که چنین تغییراتی باعث اختلال در فعالیت فتوسنتزی گیاه می شود که در نتیجه ی

منابع

- امیری، م.، منصوری فر، س.، سادات اسیلان، ک. و ح. حیدری. (۱۳۹۴) تأثیر فاصله آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و محتوای رنگدانه های شویید، تولیدات گیاهی ۴: ۷۱-۸۰.
- بهنام نیا، م. و شنوایی زارع، ا. (۱۳۹۲) اثرهای اسید سالیسیلیک بر گیاهچه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) در شرایط شوری، فرآیند و کارکرد گیاهی ۲: ۷۳-۸۴.
- پور یوسف، م.، مظاهری، د.، چایی چی، م.، رحیمی، ا. و توکلی، ا. (۱۳۸۹) تأثیر تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک بر برخی ویژگی های اگرومورفولوژیک و موسیلاژ اسفزه (*Forsk Plantago ovata*)، مجله تولید گیاهان زراعی ۲: ۱۹۳-۲۱۳.
- حسینی، س. ع. و دری، م. ع. (۱۳۸۷) عملکرد سرشاخه گلدار و میزان هیپرسین گل راعی تحت سطوح آبیاری، مجله پژوهش و سازندگی ۳: ۳۱-۳۷.
- حیدری، م.، عبدل زاده، ا. و فرزانه، ف. (۱۳۹۰) اثر سطوح مختلف شوری و سه نوع تغذیه نیتروژنی بر رشد و واکنش های بیوشیمیایی اسفزه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۱: ۱۹۹-۲۰۷.
- حیدری، م.، نادیان، ح.، بخشنده، ع.، عالمی، س. خ. و فتحی، ق. (۱۳۸۶) بررسی اثرهای سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر تنظیم کننده های اسمزی و جذب عناصر غذایی در گندم. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) ۴۰: ۱۹۳-۲۱۰.
- حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، تهران.
- خانی نژاد، سعید. (۱۳۸۹) مطالعه اثر سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد علوفه، دانه و درصد پروتئین خام کوشیا (*Kochia scoparia*) در آبیاری با دو سطح شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد.
- خزائی، ح. ر. و ارشادی، م. ج. (۱۳۸۷) بررسی اثر مدیریت کود سرک نیتروژن با استفاده از کلروفیل متر بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیبزمینی رقم آگریا در شرایط آب و هوایی مشهد، مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲: ۶۳-۴۹.
- رستمی، م. و طاهری، ق. (۱۳۹۲) اثر نیتروژن بر رشد رویشی و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L.*) در شرایط متفاوت شوری. اولین کنفرانس ملی تنش شوری در گیاهان و راهکارهای توسعه کشاورزی در شرایط شور. دانشگاه شهید مدنی آذربایجان. تبریز.
- زادوریان، گ.، خدارحمی، م.، امینی، ا. و مصطفوی، خ. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر بیوماس ارقام تجاری گندم نان در مرحله گیاهچه ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۱: ۸۳-۶۹.
- زاده اسفهلان، م.، عبادی، ع.، فرساد اختر، ن. و عمارت پرداز، ج. (۱۳۹۲) بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و روی بر برخی صفات مرفولوژیک و عملکرد اسانس گل راعی، نخستین همایش ملی کاربرد گیاهان دارویی در سبک زندگی و طب سنتی، دانشگاه تربت حیدریه.

زارع، ش.، سیروس مهر، ع.، قنبری، ا. و طباطبایی، ج. (۱۳۹۲) تغییرات اسانس و برخی ویژگی‌های کمی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و کمپوست زباله شهری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۱۹۱-۱۹۹.

طباطبایی س. (۱۳۹۳) اثر باکتری‌های محرک رشد تولید کننده ACC-دآمیناز و ایندول استیک اسید بر فیزیولوژی رشد، عملکرد و تحمل به تنش شوری گندم‌های تتراپلوئید. پایان نامه دکتری زراعت. دانشگاه صنعتی، اصفهان، ایران.

صادقی، ا. ع.، بخش کلارستاقی، ک. و حاج محمد نیا قالی باف، ک. (۱۳۹۳) بررسی اثرهای کودهای اوره و ورمی کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گل ختمی (*Althaea officinalis* L.). بوم‌شناسی کشاورزی ۱: ۴۲-۵۰.

عبدل زاده، ا.، ملک جانی، ز.، گالشی، س. و یغمایی، ف. (۱۳۸۵) بررسی اثر توام شوری و تغذیه نیتروژن بر رشد گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۳: ۲۹-۴۳.

کازرانی، ن.، جمال سحر خیز، م.، جوانمردی، ج. و زارعی، م. (۱۳۹۰) تأثیر فاصله ردیف و مقدار کود نیتروژن بر برخی از ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.)، هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران. اصفهان، ایران

مصطفوی، خ.، گلباشی، م.، ایزدی دربندی، ع. و ضرابی، م. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی ارقام و لاین‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) در مرحله جوانه زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه. نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۲: ۱۱۷-۱۲۷.

مظفریان، و. (۱۳۸۳) رده بندی گیاهی. انتشارات امیر کبیر، تهران.

معمار منتظرین س. (۱۳۹۳) تأثیر همزیستی میکوریزا بر خصوصیات رویشی و عملکرد گلرنگ تحت تأثیر شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه صنعتی، اصفهان، ایران.

مقامی، ر.، زاهدی، م. و قیصری، م. (۱۳۹۳) تأثیر مقادیر کود نیتروژن و آب آبیاری بر عملکرد دانه و راندمان مصرف آب گلرنگ در اصفهان، مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱۱: ۱-۱۳.

میر محمدی میبدی، ع. م. و قره یاضی، ب. (۱۳۸۱) جنبه‌های فیزیولوژیک و به نژادی تنش شوری گیاهان، انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.

نادبان، ح.، جعفری، س. و ناطق زاده، ب. (۱۳۹۴) اثر سطوح مختلف شوری و کود اوره بر مؤلفه‌های رشد، میزان پرولین، ترکیب یونی شربت نی و جذب برخی از عناصر غذایی توسط نیشکر (واریته تجاری CP69-1062)، مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱: ۵۱-۶۳.

هاشم‌پور، ن.، برزوئی، ا. و پاک‌نژاد، ف. (۱۳۹۳) تأثیر سطوح مختلف شوری و کود نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام گندم در مرحله پنجه‌زنی، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۵: ۱۷۷-۱۹۱.

یداللهی، پ. و اصغری‌پور، م. ر. (۱۳۹۴) تأثیر کیفیت آب آبیاری و تیمارهای مختلف کودی بر جذب عناصر در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی ۱: ۱۲۰-۱۰۵.

Arnon, I. (1996) Crop production in dry regions. Leonard Hill, London.

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

Batistic, O. and Kudla, J. (2004) Integration and challenging of calcium signaling through the CBL calcium sensor/CIPK protein kinase network. Planta 219: 915-924.

Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany 103:551-560.

Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y. and Wei, C. (2010) Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil 326: 61-73.

Chen, Z., Cuin, T. A., Zhou, M., Twomey, A., Naidu, B. P. and Shabala, S. (2007) Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. Journal of Experiment and Botany 58: 4245-55.

- Delaunay, A. J. and Verma, D. P. S. (1993) Proline accumulation and osmoregulation in plants. *Plant Journal* 4: 215-223.
- Deng, X., Hu, Z. A., Wang, H. X., Wen, X. G. and Kuang, T. Y. (2003) A comparison of photosynthetic apparatus of the detached leaves of the resurrection plant *Boea hygrometrica* with its non-tolerant relative *Chirita heterotrichia* in response to dehydration and rehydration. *Plant Science* 165: 851-861.
- Ding, X., Tian, C., Zhang, S., Song, J., Zhang, F., Mi, G. and Feng, G. (2010) Effects of NO_3^- -N on the growth and salinity tolerance of *Tamarix laxa* Willd. *Plant and Soil* 331: 57-67.
- Dongmei, Zh., Li, W., Xina, Ch., Tanga, W., Egrinya Enejia, A. and Donga, H. (2012) Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. *Field Crops Research* 138: 63-70.
- Ehsanzadeh, P., Sabagh Nekoonam, M., Nouri, J., Pourhadian, H. and Shaydaee, S. (2009) Growth, chlorophyll and cation concentration of tetraploid genotypes. *Journal of Plant Nutrition* 1: 58-70.
- El Gendy, A., El Gohary, A., Omer, E., Hendawy, S., Hussein, M., Petrova, V. and Stancheva, I. (2015) Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). *Industrial Crops and Products* 69: 167-174.
- Elgharably, A., Marschner, P., Rengasamy, P. (2010) Wheat growth in a saline sandy loam soil as affected by N form and application rate. *Plant and Soil* 328: 303-312.
- Esmaili, E., Kapourchal, S. A., Malakouti, M. J. and Homaeae, M. (2008) Interactive effect of salinity and two nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. *Plant, Soil and Environment* 12: 537-546.
- Ghanem, M. E., Han, R. M., Classen, B., Quetin-Leclercq, J., Mahy, M., Ruan, V., Qin, P., Prez-Alfocea, F. and Lutts, S. (2010) Mucilage and polysaccharides in the halophyte plant species *Kosteletzkya virginica*: Localization and composition in relation to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 131-135.
- Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. (2002) Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 47: 39-50.
- Hebbara, M., Rajakumari, G. R., Ravishankari, G. and Raghavaiah, C. V. (2003) Effect of salinity stress on seed yield through physiological parameters in sunflower genotypes. *Helia* 26:155-160.
- Hou, Z., Chen, W., Li, X., Xiu, L. and Wu, L. (2009) Effects of salinity and fertigation practice on cotton yield and 15N recovery. *Agricultural Water Management* 96: 1483-1489.
- Jabeen, R and Ahmad, R. (2009) Alleviation of the adverse effects of salt stress by foliar application of sodium antagonistic essential minerals of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 41: 2199-2208.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. and Bingham, I. (2003) The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. *Seed Science and Technology* 31: 715-725.
- Khan, M. G., Silberbush, M. and Lips, S. H. (1995) Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa plants: III. Nitrate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition* 18: 2495-2500.
- Li, G., Wan, S. and Zhou, J. (2010) Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. *Industrial Crops and Products* 31: 13-19.
- Likoswe, A. A. and Lawn, V. (2008) Response to terminal water deficit stress of cowpea, pigeonpea, and soybean in pure stand and in competition. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 27-37.
- Maathuis, F. and Amtmann, A. (1999) K^+ nutrition and Na^+ toxicity: The basis of cellular K^+/Na^+ ratios. *Annals of Botany* 84: 123-133.
- Meawad, A., Awad, A. and Afify, A. (1983) The combined effect of N-fertilization and some growth regulators on chamomile plants. In: *Proceeding of the 4th International Symposium on Spice and Medicinal Plants*, Angers, France.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S. and Mittler, R. (2010) Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant Cell and Environment* 33: 453-467.
- Moghaddam, M., Ehdaie, B. and Waines, J. (1997) Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern Iran. *Euphytica* 95: 361-369.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- Patel, N. T., Guptab, A., Pandey, A. N. (2010) Salinity tolerance of *Avicennia marina* (Forsk) vierh from Gujarat coasts on India. *Aquatic Botany* 93: 9-16.
- Pierret, A., Moran, C. J. and Doussan, C. (2005) Conventional detection methodology is limiting our ability to understand the roles and functions of fine roots. *New Phytologist Journal* 166: 967-980.
- Rais, L., Masood, A., Inam, A. and Khan, N. (2013) Sulfur and nitrogen co-ordinately improve photosynthetic efficiency, growth and proline accumulation in two cultivars of mustard under salt stress. *Plant Biochemistry and Physiology* 1: 1-6.

- Sannada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., Tamai, N. and Wada, K. (1995) Novel light dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. *Plant Cell Physiology* 3: 965-970.
- Sharma, P. K. and Koul, A. K. (1986) Mucilage in seed of plantago ovate and its wild allies. *Journal of Ethnopharmacology* 17: 289-295.
- Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Nasir Khan, M., Hal-Whaibi, M. and Bahkali, A. H. A. (2010) Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China* 5: 671-680.
- Sims, D. A. and Gamon, J. A. (2002) Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81: 337 - 354.
- Smart, R. E. and Bingham, G. E. (1974) Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology* 53:258-260.
- Tester, M. and Davenport, R. J. (2003) Na⁺ transport and Na⁺ tolerance in higher plants. *Annals of Botany* 91:503-27.
- Tzortzakis, N. G. (2010) Potassium and calcium enrichment alleviate salinity-induced stress in hydroponically grown endives. *Horticultural Science* 4: 155-162.
- Wen-Zhi, Z., Chi, X., Jing-Wei, W., Huang, J. S. Qiang, Z. and Mou-Song, W. (2014) Impacts of salinity and nitrogen on the photosynthetic rate and growth of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Pedosphere* 24: 635-644.
- Yadav, R. D., Keshwa, G. L. and Gland Yadva, S. S. (2002) Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovata*). *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology* 25: 668-671.

Interactive effect of salinity and urea fertilizer on some physiological characteristics quality and quantity yield of Marsh Mallow

Hossein Mardani¹, Jamshid Razmjoo^{1*} and Hamideh Ghafari²

¹Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.

²Department of Agronomy, College of Agriculture, Shahrekord University.

(Received: 30/08/2017, Accepted: 10/03/2018)

Abstract

Nitrogen is the first nutrient element that has a shortage in saline areas. Therefore, the correct management of nitrogen fertilizers is a suitable strategy to increase plant tolerance to salinity stress. This experiment was carried out in a completely randomized design in a factorial experiment in Isfahan University of Technology, with three replications in 2017. Salinity stress was applied at four levels of 0, 2, 6 and 10 dS/m NaCl and nitrogen at four levels of 0, 50, 100 and 150 kg.ha⁻¹. Result showed the amount of photosynthetic pigments increased with nitrogen application under salt stress conditions. The highest total chlorophyll content was related to the control treatment and 2 dS/m of salinity treatment both under 150 kg N.ha⁻¹, which was 18.20 and 17.63 mg/g leaf fresh weight respectively. Result of interaction salt and nitrogen showed highest sodium concentration and Na⁺/K⁺ and Na⁺/Ca²⁺ ratios were related to 10 dS/m salinity and no nitrogen application, which was respectively 342, 546 and 763% higher than the control treatment, while the highest amount of calcium was related to non-stress treatment and 150 kg N.ha⁻¹. The interaction between salinity and nitrogen levels showed that the highest height was related to salinity treatment 2 dS/m and consumption of 100 kg N.ha⁻¹, which increased 65% compared to the control. The highest area and number of leaves per plant were related to non-stress treatment and 150 kg.ha⁻¹ nitrogen which was 56% and 60% higher than the control treatment, respectively. The highest shoot dry weight was related to non-stress treatment and 50 kg.ha⁻¹ nitrogen. The highest leaf mucilage was related to non-stress treatment and consumption of 150 kg N.ha⁻¹, which increased 171% more than control treatment. From the results of this study, it can be concluded that shoot dry weight and leaf mucilage weight decreased significantly when salinity was increased. At least partly was due to the toxic effects of chlorine and sodium ions because such changes impair the photosynthetic activity of the plant, resulting in a decrease in dry weight and leaf mucilage; However, the use of nitrogen fertilizer up to 100 kg.ha⁻¹ can reduce the negative effects of salinity stress.

Keywords: Photosynthetic pigments, Proline, Salinity, Shoot yield, Mucilage and Nitrogen

*Corresponding author, Email: Krazmjoo@cc.iut.ac.ir