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

**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**

**نیتروژن نخستین عنصر غذایی است که کمبود آن در مناطق شور مطرح است. مدیریت صحیح مصرف کودهای نیتروژنه 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، ٦ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) و فاکتور دوم شامل چهار سطح نیتروژن به صورت کود اوره (صفر (شاهد)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد نیتروژن 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 نیتروژن بود. برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن 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 نیتروژن بود که به ترتیب افزایش ۳٤۲ ، ٥٤٦ و ۷٦۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند، در حالیکه بیشترین میزان کلسیم مربوط به تیمار عدم تنش شوری و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود. بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که افزایش ٦٥ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت، بیشترین سطح و تعداد برگ بوته مربوط به تیمار عدم تنش شوری و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که به ترتیب افزایش ٥٦ و ٦۰ 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 نیتروژن 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 نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌تواند اثرهای منفی تنش شوری را کاهش دهد.**

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

مقدمه

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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Krazmjoo@cc.iut.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

دارویی، با نام علمی *Althaea afficinalis* و نام انگلیسی Common MarshMallow 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 ٦٪ 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 سازگارشدن 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 می‌توانند 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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 (۱۳۹٤) 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 معنی داری 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 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 ٤٨ 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 اندازه گیری 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 شرودان انتقال یافته بود. بافت خاک سیلتی لوم، هدایت الکتریکی آن ۳/۵ دسی زیمنس بر متر، pH آن برابر ۵/٤٨ و نیتروژن آن ۰/۰۷٦۹ درصد بود. تیمارهای آزمایش شامل سطوح شوری آب آبیاری: ۰/۰۳ (آب شهری به عنوان شاهد)، ۲، ٦ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

(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 ٦ 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 ٦ ماه پس از کاشت بذور و به هنگام ۳۰ تا ۵۰ درصد گلدهی و از سطح خاک بود (حسینی و دری، ۱۳۸۷).

اندازه گیری 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 ٢٤ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) اشباع گردید و توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند تا وزن خشک آن‌ها اندازه گیری شود. در نهایت محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر به دست آمد (Smart and Bingham, 1974).

$$\text{محتوای نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن برگ خشک} - \text{وزن برگ تازه}}{\text{وزن برگ خشک} - \text{وزن برگ اشباع}} \times ۱۰۰$$

**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 میلی لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد به آن اضافه شد و محتوی هاون از کاغذ صافی عبور داده شد. به ۲ میلی لیتر محلول، ۲ میلی لیتر اسید نین هیدرین (۱۲۵ میلی گرم نین‌هیدرین + ۲ میلی لیتر اسید فسفریک ٦ مولار + ۳ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال + ۲ میلی لیتر 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 ٤ میلی لیتر تولوئن اضافه گردید و به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه بهم زده شدند. استانداردهای پرولین را در مقادیرصفر، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰٤ میکرومول بر میلی‌لیتر تهیه شد، نمونه‌های حاصل و استانداردها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر(Hitachi,U-1800) قرائت شد.

**محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی**: برای سنجش غلظت رنگیزه‌های a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید از روش Arnon (۱۹۹٦) 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 به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ rpm سانتریفوژ و جذب نوری در طول موج‌های (abs) ٦٦۳، ٦٤٦، ٤۷۰ و ۵۳۷ نانومتر، بوسیله اسپکتروفتومتر (Hitachi,U-1800) اندازه گیری شد. مقدار کلروفیل بر حسب میلی گرم کلروفیل در گرم برگ تازه تخمین زده شد.

کلروفیل a (mg $g^{-1}$) = (12.7 × $abs_{663}$) - (2.6×$abs_{646}$) mL acetone/ mg

کلروفیل b (mg $g^{-1}$) = (22.9 × $abs_{646}$) - (4.68 × $abs_{663}$) mL acetone/mg

کلروفیل کل (mg $g^{-1}$) = (7.05 × Chl a) + (18.09 × Chl b) mL acetone/mg

کاروتنویید (mg $g^{-1}$) = (1000 × $abs_{470}$) - (1.9 × $abs_{663}$) - (63.14 × $abs_{646}$) /214

آنتوسیانین (mg $g^{-1}$) = (81.73 × $abs_{537}$) - (6.97 × $abs_{646}$) - (2.228 × $abs_{663}$) mL acetone/mg

**غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم بخش هوایی**: نمونه‌های برگ خشک شده در آون ابتدا آسیاب شدند. از هر نمونه آسیاب شده به مقدار ۰/۲ تا ۰/۵ گرم با ترازوی دقیق توزین گردید. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

شدند و نمونه‌ها در داخل کوره به مدت ۵ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا مواد آلی سوخته و مواد 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 حرارت‌دادن 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 میلی‌لیتر 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 اندازه گیری 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 میلی‌لیتر 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، موسیلاژ آن خارج گردید. به موسیلاژ به دست آمده ٦٠ 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 ٤٠ 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 ٣٤ 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 ٥٦ و ٦٠ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۳). سطح شوری ملایم، دو و چهار دسی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**جدول۱ - نتایج تجزیه واریانس سطوح شوری و نیتروژن بر صفات مورفولوژی، عملکرد وزن خشک و موسیلاژ گیاه ختمی.**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سطح برگ بوته | تعداد برگ بوته | ارتفاع | وزن خشک کل بوته | موسیلاژ |
| شوری | ۳ | ٦٢٦٩٣٥/٤$^{**}$ | ٢٧٥/٤٧$^{**}$ | ٦٨٥/٣٩$^{**}$ | ٢٣/٦٧$^{**}$ | ٠/٠٠٣٩$^{**}$ |
| نیتروژن | ۳ | ١٤٧٨٠٤/٨$^{**}$ | ٧٥/٢٥$^{**}$ | ١٨٢/٢٨$^{**}$ | ١١/٠٤$^{**}$ | ٠/٠٠٣٠$^{**}$ |
| شوری × نیتروژن | ۹ | ٧٢٢٠١/٢$^{**}$ | ١٦/٦٤$^{*}$ | ٤٤/٨٩$^{*}$ | ٣/٢٨$^{*}$ | ٠/٠٠١٧$^{**}$ |
| خطا | ۳۲ | ٥١٧٥٨/١ | ٥/٧٩ | ١٧/٢٧ | ١/٢٩٩ | ٠/٠٠٠٠٨ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ١٠/٧٩ | ١١/٨١ | ١٣/٠٥ | ١٣/٠٤ | ١١/٨٤ |

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

**جدول۲- مقایسه میانگین اثرهای سطوح شوری و نیتروژن بر صفات مورفولوژی، عملکرد وزن خشک و موسیلاژ گیاه ختمی.**

| عامل آزمایشی | سطح برگ بوته سانتی‌متر مربع | تعداد برگ بوته | ارتفاع سانتی‌متر | وزن خشک کل بوته گرم | موسیلاژ گرم بر بوته |
|---|---|---|---|---|---|
| سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | | | | | |
| ۰ | ٩٥٤/٨$^{a}$ | ٢٧/١٧$^{a}$ | ٣١/٨٣$^{b}$ | ١٠/٠٢$^{a}$ | ٠/٠٩٧$^{a}$ |
| ۲ | ٧٠٤/٩$^{b}$ | ٢٠/٠٨$^{b}$ | ٤٢/٥٠$^{a}$ | ٩/٧٤$^{a}$ | ٠/٠٨١$^{b}$ |
| ٦ | ٥٩٩/٩$^{c}$ | ١٨/٠٠$^{c}$ | ٢٧/٠٨$^{c}$ | ٨/٢٠$^{b}$ | ٠/٠٦٩$^{c}$ |
| ١٠ | ٤٠٦/٤$^{d}$ | ١٦/٢٥$^{c}$ | ٢٥/٩٢$^{c}$ | ٧/٠١$^{c}$ | ٠/٠٥٥$^{d}$ |
| LSD | ٥٩/٨٢ | ٢/٠٠ | ٣/٤٦ | ٠/٩٥ | ٠/٠٠٧٤ |
| سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | | | | | |
| ۰ | ٥٣٢/٩$^{c}$ | ١٦/٩٢$^{c}$ | ٢٦/٥٠$^{c}$ | ٧/٧٢$^{c}$ | ٠/٠٥٥$^{c}$ |
| ٥٠ | ٦١٩/٦$^{b}$ | ٢٠/١٧$^{b}$ | ٣١/٤٢$^{b}$ | ٩/٩٠$^{a}$ | ٠/٠٧٧$^{b}$ |
| ١٠٠ | ٧٣٨/٦$^{a}$ | ٢٢/٠٠$^{ab}$ | ٣٥/٠٠$^{a}$ | ٩/١٠$^{ab}$ | ٠/٠٧٦$^{b}$ |
| ١٥٠ | ٧٧٤/٨$^{a}$ | ٢٢/٤٢$^{a}$ | ٣٤/٤٢$^{ab}$ | ٨/٢٥$^{bc}$ | ٠/٠٩٣$^{a}$ |
| LSD | ٥٩/٨٢ | ٢/٠٠ | ٤/٧١ | ٠/٩٥ | ٠/٠٠٧٤ |

**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 معنی داری ندارد.**

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 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**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 | 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$^{a}$ |
| ۲ | ۰ | ۳۳/۳۳$^{cd}$ | ۶۳۰/۹$^{d-g}$ | ۱۷/۳۳$^{d-g}$ | ۹/۱۳$^{a-d}$ | ۰/۰۷۴$^{def}$ |
| | 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$^{efg}$ |
| ۶ | 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$^{cd}$ |
| | 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$^{cd}$ |
| ۱۰ | 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$^{ghi}$ |
| | 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.**

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 دسی زیمنس بر متر، شاخص سطح سبز گیاه کوشیا افزایش یافت. تیمار گیاهان تحت شوری با 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 دسی زیمنس 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. به‌طوری که، بیشترین ارتفاع گیاه در سطح

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۳۵ سانتی‌متر 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 ٤٧/٣٣ سانتی‌متر بود که افزایش ٦٥ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت، کمترین ارتفاع مربوط به تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری و عدم مصرف کود نیتروژن با ۱۹/٦٧ سانتی‌متر 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 (۲۰۱٤) نشان داد که ارتفاع گیاه آفتابگردان در مرحله رسیدگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفت. در مطالعه نادیان و همکاران (۱۳۹٤)، 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 تیمار۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی-داری 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 مریستمی 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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 شور، 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). به‌نظر 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 نتیجه‌ی 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 ٤۳ 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 ٦۹ 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 ۰/۱٦ گرم مربوط به تیمار عدم تنش و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 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 ۰/۰٤ 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)، درحالیکه 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 اسفرزه 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**جدول ٤- 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 | ۸۷۲/٦۰$^{**}$ | ۱/٦۹$^{**}$ | ٦۵/۵۳$^{**}$ | ۰/۰۲۱$^{**}$ | ۱/۰۹$^{**}$ | ۰/۱۱۵$^{**}$ | ۱۷۱/٦۸$^{**}$ |
| نیتروژن | ۳ | ۱۲٦/۳۹$^{**}$ | ۱/۱٤$^{**}$ | ۱/٦٤$^{*}$ | ۰/۰۳۸$^{**}$ | ۰/۵۷$^{**}$ | ۰/۰۰٤$^{*}$ | ۳۷/۰۸$^{**}$ |
| شوری × نیتروژن | ۹ | ۵۸/۰٤$^{*}$ | ۰/۲۷٤$^{*}$ | ۰/۹۲$^{*}$ | ۰/۰۱۲$^{**}$ | ۰/۱٤۳$^{**}$ | ۰/۰۳۷۷$^{**}$ | ۱۰/٤٦$^{**}$ |
| خطا | ۳۲ | ۲۲/۲٤ | ۰/۱۲۸ | ۷/٤۰ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰٦ | ۰/۰۰۱۱ | ۰/۷٦ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ٦/۰٤ | ۹/۵۲ | ۰/٤۳ | ۹/٦۷ | ۱۰/۱۲ | ۱۲/٦۸ | ۸/۵۳ |

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

معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ٤).

**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 معنی‌داری 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 ٤۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ٦). 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 (معمارمنتظرین، 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). 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 معنی‌دار 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 دسی زیمنس 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 ٦۱ و ۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول ٦). طی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**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 برگرم وزن تر برگ | میلی‌گرم 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 معنی داری ندارد.**

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 (Delaunay and Verma, 1993). حیدری و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند استفاده از منابع کودی آمونیوم، نیترات و آمونیوم به همراه نیترات موجب افزایش پرولین در گیاه اسفرزه می‌گردد. بر طبق نظر Marschner (۲۰۱۱) پرولین ترکیبی آلی است که حاوی 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 می یابد. 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح شوری و نیتروژن بر محتوای آب نسبی برگ، پرولین، کاروتنوئید، آنتوسیانین و محتوای کلروفیل برگ گیاه ختمی.**

| سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | محتوای آب نسبی برگ | پرولین | کاروتنوئید | آنتوسیانین | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد | میکرومول برگرم وزن تر برگ | میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ | | | | |
| ۰ | ۰ (شاهد) | ۸۷/۱٤$^{ab}$ | ۲/۸٦$^{f}$ | ۱۰/۹۹$^{ab}$ | ۰/۰۷۱$^{h}$ | ۰/۵۷$^{g}$ | ۰/۳٤۷$^{bc}$ | ۱۰/۲۹$^{de}$ |
| | ۵۰ | ۸۳/۹۸$^{abc}$ | ۳/٦٤$^{de}$ | ۱۱/٦۲$^{a}$ | ۰/۰۷۵$^{gh}$ | ۰/۸٦$^{cd}$ | ۰/۳۹۰$^{ab}$ | ۱۳/۱۲$^{b}$ |
| | ۱۰۰ | ۸٦/٦۲$^{ab}$ | ۳/۷۹$^{cd}$ | ۱۰/٦۹$^{abc}$ | ۰/۰۹٦$^{d-g}$ | ۰/۹۱$^{c}$ | ۰/۳۸٦$^{ab}$ | ۱۳/٤۳$^{b}$ |
| | ۱۵۰ | ۸۸/۸۷$^{ab}$ | ۳/٤۰$^{def}$ | ۱۰/۵۷$^{abc}$ | ۰/۳۲۷$^{a}$ | ۱/۵۰$^{b}$ | ۰/٤۲۱$^{a}$ | ۱۸/۲۰$^{a}$ |
| ۲ | ۰ | ۸۱/۱۹$^{bcd}$ | ۳/۱۰$^{ef}$ | ۹/۹۹$^{bc}$ | ۰/۱۵۹$^{b}$ | ۰/۸۸$^{cd}$ | ۰/۳۲۳$^{c}$ | ۱۲/۰۷$^{bc}$ |
| | ۵۰ | ۸۱/۰۷$^{bcd}$ | ۳/٤۷$^{de}$ | ۹/۷۸$^{cd}$ | ۰/۱٤۰$^{bc}$ | ۰/۸۸$^{cd}$ | ۰/۲۹۷$^{cd}$ | ۱۱/۵۸$^{cd}$ |
| | ۱۰۰ | ۹۱/۳۷$^{a}$ | ۳/٦۰$^{de}$ | ۱۰/۳۵$^{bc}$ | ۰/۱٦۲$^{b}$ | ۰/۷۷$^{de}$ | ۰/۲۹٤$^{cd}$ | ۱۰/۷۸$^{cd}$ |
| | ۱۵۰ | ۸۲/۷۰$^{bc}$ | ۳/۹٦$^{bcd}$ | ۱۱/٦٤$^{a}$ | ۰/۳۳۰$^{a}$ | ۱/٦۷$^{a}$ | ۰/۳۲۵$^{c}$ | ۱۷/٦۳$^{a}$ |
| ٦ | ۰ | ٦٦/۳۸$^{fg}$ | ۳/۵۸$^{de}$ | ۷/۵۷$^{fg}$ | ۰/۱۰۹$^{de}$ | ۰/۵۳$^{gh}$ | ۰/۱۷۲$^{fgh}$ | ٦/۸۳$^{gh}$ |
| | ۵۰ | ۷٦/۷۹$^{cde}$ | ٤/٤۸$^{ab}$ | ۷/۹۸$^{ef}$ | ۰/۰۹۸$^{def}$ | ۰/٦۲$^{fg}$ | ۰/۲۲۱$^{ef}$ | ۸/۳۵$^{f}$ |
| | ۱۰۰ | ۷۱/۵۰$^{ef}$ | ٤/٦۱$^{a}$ | ۸/٤۱$^{ef}$ | ۰/۱۱۷$^{cd}$ | ۰/۷۰$^{ef}$ | ۰/۲۰٤$^{fg}$ | ۸/٦٤$^{f}$ |
| | ۱۵۰ | ۷۰/٤٦$^{ef}$ | ٤/۳۹$^{ab}$ | ۸/۷۹$^{de}$ | ۰/۰۹۸$^{def}$ | ۰/۷۰$^{ef}$ | ۰/۲۱۷$^{ef}$ | ۸/۸٦$^{ef}$ |
| ۱۰ | ۰ | ٦۲/۳۵$^{g}$ | ۳/۷۲$^{d}$ | ۵/٦۵$^{hi}$ | ۰/۰۸۱$^{fgh}$ | ۰/۳۱$^{i}$ | ۰/۱۳۸$^{h}$ | ٤/٦۸$^{i}$ |
| | ۵۰ | ٦۵/۸۸$^{fg}$ | ۳/٤۹$^{de}$ | ۵/۳٦$^{i}$ | ۰/۰۹۰$^{e-g}$ | ۰/٤۳$^{hi}$ | ۰/۱٤۰$^{h}$ | ۵/۵۷$^{hi}$ |
| | ۱۰۰ | ۷۸/۱۷$^{cde}$ | ۳/۵۹$^{de}$ | ۵/۸۷$^{hi}$ | ۰/۱۵۷$^{b}$ | ۰/٤۱$^{hi}$ | ۰/۲٦۱$^{ed}$ | ۷/۵۹$^{fg}$ |
| | ۱۵۰ | ۷٤/۳۱$^{de}$ | ٤/۳٤$^{abc}$ | ٦/۵۷$^{gh}$ | ۰/۱۳۳$^{c}$ | ۰/٤٤$^{hi}$ | ۰/۱۵۵$^{gh}$ | ۵/۸۸$^{hi}$ |
| LSD (5%) | | ۷/۸٤ | ۰/۵۹ | ۱/۰۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۱۲۸ | ۰/۰۵۷ | ۱/٤۵ |

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

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 ٤۷ 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 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 ٦ درصدی و کاهش ٤۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ٦). تیمار عدم تنش شوری در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین محتوای آنتوسیانین و تیمار عدم

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

مصرف کود نیتروژن کمترین محتوای آنتوسیانین را به ترتیب با ۰/۳۲۷ و ۰/۰۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ داشتند (جدول ٦). 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 قرار 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 ٦). در مطالعه امیری و همکاران (۱۳۹٤) 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 دسی زیمنس 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 ٤۹ 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 ٤٦ درصد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ٦). 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 ٦۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ٦). 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 ۱۷/٦۳ 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 ٤/٦۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بوده است، که کاهش ۵۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ٦). 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 کلروفیلاز 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 دهنده‌ی کلروفیل می‌باشد، بنابراین افزایش نیتروژن محیط رشد گیاه موجب افزایش کلروفیل گیاه می‌گردد (زارع و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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، تنظیم کننده‌های 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 کلسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالیکه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری برای غلظت پتاسیم وجود نداشت (جدول۷).

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 ٤٧ 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 $Na^+/K^+$ و $Na^+/Ca^{2+}$ 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 ٤١، ٥١ و ٦١ 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 ١٦ و ٤٥ 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 ٣٤٢ ، ٥٤٦ و ٧٦٣ 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 فیزیکوشیمیایی $Na^+$ 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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

| منبع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سدیم | پتاسیم | سدیم به پتاسیم | کلسیم | سدیم به کلسیم |
| شوری | ۳ | ۱۵۸۰۵/۰$^{**}$ | ۳۲۳۵/۲۶$^{**}$ | ۱/۸۰۴$^{**}$ | ۳۵۸/۳$^{**}$ | ۱۴۷/۹۸$^{**}$ |
| نیتروژن | ۳ | ۳۵۲۹/۱$^{**}$ | ۷۸۱/۷۳$^{*}$ | ۰/۴۰۶$^{**}$ | ۱۶۶/۹۲$^{**}$ | ۳۵/۵۴$^{**}$ |
| شوری × نیتروژن | ۹ | ۸۸۲/۶$^{**}$ | ۱۱۹/۸۱$^{ns}$ | ۰/۰۹۴$^{**}$ | ۲۲/۳۲$^{*}$ | ۱۱/۲۵$^{**}$ |
| خطا | ۳۲ | ۱۴۶/۶۷ | ۲۳۱/۷ | ۰/۰۱۵ | ۹/۷۹ | ۰/۳۸۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۱۶/۲۰ | ۱۱/۷۹ | ۱۹/۷۵ | ۱۴/۲۰ | ۱۴/۵۱ |

**ns،* و** به ترتیب بیانگر معنی‌دار نبودن، معنی‌دار 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 |
|---|---|---|---|---|---|
| | میلی‌گرم بر کیلوگرم | | | میلی‌گرم بر کیلوگرم | |
| سطوح شوری (دسی‌زیمنس 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 معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.**

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 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**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 | کلسیم میلی‌گرم بر کیلوگرم | سدیم به کلسیم |
|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ (شاهد) | ۳۵/۷۹$^{g}$ | ۰/۲٤٦$^{h}$ | ۲۱/٦۷$^{de}$ | ۱/٦٦$^{f}$ |
| | ۵۰ | ٤۰/٦۹$^{fg}$ | ۰/۲۹۹$^{gh}$ | ۲۵/٦۷$^{bcd}$ | ۱/٦۱$^{f}$ |
| | ۱۰۰ | ۳۹/۱۰$^{fg}$ | ۰/۲۵۷$^{h}$ | ۲۳/۰۰$^{cde}$ | ۱/۷۰$^{f}$ |
| | ۱۵۰ | ۳۵/۷۹$^{g}$ | ۰/۲٤٦$^{h}$ | ۳۵/۳۳$^{a}$ | ۱/۰۱$^{g}$ |
| ۲ | ۰ | ۵۹/۱۰$^{def}$ | ۰/٤۹٤$^{efg}$ | ۲۱/۳۳$^{def}$ | ۳/۰۷$^{e}$ |
| | ۵۰ | ٦۲/۱۸$^{de}$ | ۰/٤۸۲$^{fg}$ | ۱۹/۳۳$^{efg}$ | ۳/۱۸$^{e}$ |
| | ۱۰۰ | ۵۲/۳۳$^{efg}$ | ۰/۳۹۳$^{gh}$ | ۲۸/۰۰$^{bc}$ | ۱/۸۷$^{f}$ |
| | ۱۵۰ | ٤۵/۷۱$^{efg}$ | ۰/۳۰۷$^{gh}$ | ۲۹/۰۰$^{b}$ | ۱/۵۹$^{f}$ |
| ٦ | ۰ | ۱۰۵/۲٦$^{b}$ | ۰/۹٦۰$^{c}$ | ۲۰/۰۰$^{efg}$ | ۵/۲۷$^{c}$ |
| | ۵۰ | ۱۰۱/۹۵$^{b}$ | ۰/۷۷۳$^{c}$ | ۲۱/٦۷$^{de}$ | ٤/۷۳$^{d}$ |
| | ۱۰۰ | ۸۵/٤۱$^{bc}$ | ۰/٦۷۱$^{def}$ | ۲۳/٦۷$^{cde}$ | ۳/٦۳$^{e}$ |
| | ۱۵۰ | ۵۲/۳۳$^{efg}$ | ۰/۳٦۳$^{gh}$ | ۲۷/٦۷$^{bc}$ | ۱/۸۸$^{f}$ |
| ۱۰ | ۰ | ۱۵۸/۲۰$^{a}$ | ۱/۵۸۸$^{a}$ | ۱۱/٦۷$^{h}$ | ۱٤/۳۲$^{a}$ |
| | ۵۰ | ۱٤٤/۹٦$^{a}$ | ۱/۳۵۱$^{b}$ | ۱۲/۳۳$^{h}$ | ۱۱/۹۲$^{b}$ |
| | ۱۰۰ | ۹۸/٦۰$^{bc}$ | ۰/۹۵۱$^{c}$ | ۱٦/۳۳$^{fgh}$ | ٦/۰۵$^{c}$ |
| | ۱۵۰ | ۷۸/۸۰$^{cd}$ | ۰/٦۹۸$^{de}$ | ۱٦/۰۰$^{gh}$ | ۵/۰۹$^{cd}$ |
| LSD (5%) | | ۲۰/۱٤ | ۰/۲۰۷ | ۵/۲۰ | ۱/۰۳ |

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

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 می‌توانند 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، ۱۳۹٤). اغلب جذب مواد غذای 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 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 ٦ 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 تبادلی ریشه تحت کاربرد نیتروژن و در نتیجه جذب بیشتر کاتیون‌های دو ظرفیتی می‌باشد (Esmaili *et al.*, 2008).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

**نتیجه‌گیری**

از نتایج مطالعه حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که وزن خشک اندام هوایی و موسیلاژ برگ با افزایش شوری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافتند. که این به دلیل اثرهای سمی یون‌های کلر و سدیم بوده است، به دلیل این که چنین تغییراتی باعث اختلال در فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود که در نتیجه‌ی آن کاهش در وزن خشک گیاه و موسیلاژ برگ می‌شود. با این وجود، مصرف کود نیتروژن با تأثیر بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند اثرهای منفی تنش شوری را تا حدی کاهش دهد، در حالیکه مصرف بیشتر از آن باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه می‌شود.

**منابع**


امیری، م.، منصوری‌فر، س.، سادات اسیلان، ک. و ح. حیدری. (۱۳۹٤) تأثیر فاصله آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و محتوای رنگدانه‌های شوید، تولیدات گیاهی ٤: ۸۰-۷۱.

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: ۸٤-۷۳.

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 اسفرزه (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 واکنش‌های بیوشیمیایی اسفرزه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۱: ۲۰۷-۱۹۹.

حیدری، م.، نادیان، ح.، بخشنده، ع.، عالمی، س.خ. و فتحی، ق. (۱۳۸٦) بررسی اثرهای سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر تنظیم کننده‌های اسمزی و جذب عناصر غذایی در گندم. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) ٤۰: ۱۹۳-۲۱۰.

حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها 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 ارشدی، م. ج. (۱۳۸۷) بررسی اثر مدیریت کود سرک نیتروژن با استفاده از کلروفیل‌متر بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی رقم آگریا در شرایط آب و هوایی مشهد، مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲: ٦۳-٤۹.

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 گیاهچه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۱: ۸۳-٦۹.

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.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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.). بوم شناسی کشاورزی ۱ : ٤۲-۵۰.

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: ۲۹-٤۳.

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

مصطفوی، خ.، گلباشی، م.، ایزدی دربندی، ع. و ضرابی، م. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری و برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی ارقام و لاین های 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.

نادیان، ح.، جعفری، س. و ناطق زاده، ب. (۱۳۹٤) 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: ۵۱-٦۳.

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. (۱۳۹٤) 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.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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) Acomparison 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 Homaee, 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-Leclerq, J., Mahy, M., Ruan, V., Qin, P., Prez-Alfocea, F. and Lutts, S. (2010) Mucilage and polysaccharides in the halophyte plant species *Kosteletzkya vrginica*: Localization and compositionin 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.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]

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

**Hossein Mardani[1], Jamshid Razmjoo[1*] and Hamideh Ghafari[2]**

**[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.**
**[2] Department 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 $Na^+/Ca^{2+}$ 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**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.7.5 ]