نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۶۱-۱۱۴۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1145-1161

مقاله علمی-پژوهشی

امکان‌سنجی توسعه کاشت نشایی و بذری زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) با منابع آب شور

هانیه حمیدیان[۱]، حمید سودائی زاده[۲*]، رستم یزدانی‌بیوکی[۳]، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی[۴]، مهدی سلطانی گردفرامرزی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۸

چکیده

به سبب کاهش منابع آبی با کیفیت و غیر شور، کاشت گیاهانی با تحمل بالا به تنش‌های محیطی از جمله شوری دارای اهمیت است. گیاه دارویی زوفا به راحتی در هر خاکی و بدون نیاز به مواد غذایی فراوان رشد می‌کند. به منظور مقایسه کاشت نشایی و بذری گیاه دارویی زوفا در پاسخ به تنش شوری آب آبیاری، پژوهش گلدانی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح شوری (شوری ۰/۴۴ (شاهد)، ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان فاکتور اول و روش کاشت در دو روش (نشا و کاشت مستقیم بذر) به‌عنوان فاکتور دوم بودند. در این پژوهش صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک کل و صفات فیزیولوژیکی شامل میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید و همچنین میزان عناصر سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد، بیشترین میزان ارتفاع گیاه در تیمار شاهد (۴۴ سانتی‌متر، با ۱۶۷ درصد افزایش نسبت به شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و در روش کاشت نشا (۴۳ درصد بیشتر از روش کاشت بذر)، همچنین بالاترین سطح برگ در تیمار شاهد (۷۶۴/۵۱ سانتی‌متر مربع، با افزایش ۵۵/۵ درصدی نسبت به تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر)، وزن خشک کل () در تیمار شاهد (۰/۸۶ گرم در بوته با افزایش ۱۱۵ درصدی نسبت به تیمار ۶ دسی‌زیمنس بر متر) و کشت نشا (۶۰ درصد بیشتر از کاشت بذر)، کاروتنوئید در تیمار شاهد و کشت نشا (۳/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر با افزایش ۶۲ درصدی نسبت به شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و کاشت بذر)، کلروفیل کل در تیمار شاهد و کشت نشا (۲۶/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر، با ۱۰۶ درصد افزایش نسبت به شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و کاشت بذر)، سدیم در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (۹۴۸۶/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، با افزایش ۲۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد)، پتاسیم در تیمار شاهد (۲۱۰۹۰/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، با تفاوت ۳۰ درصدی نسبت به بالاترین تیمار شوری) مشاهده شد. نتایج حاکی از آن بود که کشت نشا در همه پارامترهای مورد بررسی و به خصوص تیمار شاهد نسبت به کشت بذری دارای برتری بود. به طور کلی در روش کاشت نشا در مقایسه با کاشت بذر، گیاهان از تحمل و سازگاری و همچنین رشد بیشتری برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، بذر، سدیم، وزن خشک کل، نشاء

۱- کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۳ -استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۴ -دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۵ -کارشناس پژوهش بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
(*- نویسنده مسئول (Email: hsodaie@yazd.ac.ir

مقدمه

تنش شوری به‌عنوان مهم‌ترین استرس‌های محیطی، رشد و میزان محصول را در گیاه کاهش می‌دهد. طبق گزارش‌ها تخمین زده شده است که در حدود ۱۹/۵ درصد اراضی فاریاب به طور مستقیم تحت تأثیر شوری قرار دارند (Sonia et al., 2019).

زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی چندساله از خانواده نعناعیان است (امینی، ۱۳۸۷)، گیاهی با شاخه‌های چوبی، کوتاه چهارگوش است و پاجوش‌های براقی به طول ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متر دارد (زرگری،۱۳۷۶). این گیاه به خشکی مقاوم است ولی در آغاز رویش و همچنین پس از اولین برداشت به آب کافی نیاز دارد (Gonul et al., 2012). تکثیر این گیاه به صورت مستقیم و غیر مستقیم صورت می‌گیرد. در روش مستقیم، بذرها به میزان (۸ کیلوگرم در هکتار) بعد از آماده‌سازی بستر بذر، در زمین اصلی کشت می‌گردد. روش غیر مستقیم به‌وسیله قلمه یا نشاء انجام می‌شود که در این حالت، مقدار بذر مورد نیاز برای هر هکتار ۳ تا ۵ کیلوگرم است (مظفریان، ۱۳۹۱).

جهان تیغ و همکاران (۱۳۹۵) با مطالعه برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی زوفا در مرحله رویشی و در پاسخ به سطوح مختلف شوری نشان دادند که با افزایش غلظت شوری مقدار پروتئین، کارتنوئید، قندهای محلول، الیگوساکارید، مالون دآلدهید وآب اکسیژنه افزایش و مقدارکلروفیل کل، کلروفیل های a و b، قند کل و پلی-ساکاریدها به طور معنی‌داری کاهش یافت. این پژوهشگران گزارش کردند که افزایش مقدار پروتئین، کارتنوئیدها و قندها از عوامل مؤثر در مقاومت به شوری در زوفا هستند. قندهای محلول با افزایش شوری افزایش می‌یابد و در عوض از میزان پلی‌ساکاریدها کاسته می-شود (Fougere et al., 1991).

مرآتی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان مقایسه تأثیر تنش شوری بر رشد و پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی در اندام‌های مختلف گیاه پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح شوری طول ساقه و سطح برگ کاهش یافت، درحالی‌که طول ریشه تا غلظت ۵۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری افزایش و بعد کاهش یافت. پونه معطر با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ریشه، ساقه و برگ، اثرات منفی تنش شوری را کاهش می‌دهد و پاسخ آنتی‌اکسیدانی این گیاه به تنش شوری رابطه مستقیم با مدت‌زمان تنش دارد. مطالعات راجکومار و همکاران نشان دادند که در اغلب گیاهان تجمع پرولین تحت شرایط تنش شوری منجر به افزایش تحمل گیاهان به تنش شده و افزایش مقدار پرولین در این شرایط به‌عنوان یکی از فاکتورهای تحمل به تنش در نظر گرفته می‌شود (Rajakumar et al., 2013). همچنین بررسی‌های کوی کیشور تغییر محتوای پرولین را یکی از غالب‌ترین پدیده‌ها گزارش کرده‌اند که به‌وسیله تنش‌های شوری و آب در گیاهان القاء می‌شود و اغلب پذیرفته شده است که در سازوکارهای بردباری به تنش دخیل می‌باشد (Kavi Kishor et al., 1995). در بیشتر گیاهان تجمع پرولین تحت شرایط تنش شوری منجر به افزایش توان تحمل گیاه به تنش می‌شود لذا افزایش مقدار پرولین در این شرایط به‌عنوان یکی از فاکتورهای تحمل به تنش در نظر گرفته می‌شود. با این وجود برخی از پژوهش‌های دیگر نشان دادند که تجمع پرولین در گیاهان حساس به شوری بیشتر از گیاهان مقاوم به شوری است.

دامنهٔ تحمل گیاهان نسبت به شوری متفاوت است و انتخاب گیاه برای کشت در زمین‌های شور باید از دیدگاه‌های مختلف (آستانهٔ تحمل به شوری، مرحلهٔ رشدی مقاومت و ...) بررسی شود (Gulzar, Khan and 2003). از طرف دیگر، با توجه به اینکه شوری ازجمله عوامل محیطی هست که تأثیر شدیدی بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه دارند تشخیص وضعیت استقرار گیاهان دارویی و انتخاب روش مناسب کاشت از جمله کاشت بذری یا نشایی در شرایط مختلف تنش شوری می‌تواند راهنمای کشت گیاهان مقاوم در مناطق شور باشد (جوادی و همکاران، ۱۳۹۲).

با توجه به اینکه میزان قابل‌توجهی از اراضی کشور ما تحت تأثیر شدت‌های مختلف شوری قرار دارند، شناخت گیاهان مقاوم به شوری و تعیین حد تحمل آن‌ها اعم از درخت و درختچه و بوته می‌تواند منجر به استفاده بهینه از اراضی شور و نیمه شور و توسعه پایدار منابع آبی در کشور گردد. با توجه به خسارت‌های هنگفتی که هرساله تنش‌های مختلف ازجمله تنش شوری به محصولات زراعی و باغی وارد می‌نماید، این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه روش‌های مختلف کاشت و سطوح تنش شوری بر عملکرد کمی گیاه دارویی زوفا اجرا شد. نتایج این تحقیق می‌تواند نقش مهمی در شیوه‌های مقابله با تنش شوری در گیاهان دارویی ایفا کند و همچنین راهگشای متخصصین کشاورزی در به‌کارگیری ابزارهای جدید در مقابله با تنش شوری و استفاده پایدار از منابع آب شور باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش گلدانی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل‌های آزمایش شامل سه سطح شوری (شوری ۰/۴۴ (شاهد)، ۳ و ۶ دسی زیمنس بر متر) به‌عنوان عامل اول و دو نوع روش کاشت (نشاء و کاشت مستقیم بذر) به‌عنوان فاکتور دوم بودند. بذرهای زوفا از مرکز تحقیقات کشاورزی استان یزد تهیه شدند.

برای تولید نشاء، از ترکیب کوکوپیت، پرلیت و ورمی کمپوست با نسبت‌های ۶۵، ۱۵ و ۲۰ در سینی‌های نشا استفاده شد. سینی‌ها بلافاصله پس از کاشت، با آب ۰/۷ دسی زیمنس بر متر (آب شرب) آبیاری شدند. بعد از اینکه گیاه رشد اولیه را سپری کرد (در مرحله چهار برگی)، گیاهچه‌ها به گلدان‌های ۷ کیلویی (خاک، ماسه و کود با نسبت ۱:۱:۲) منتقل شدند (شکل ۱). جهت کشت مستقیم نیز، بذور در گلدان‌های ۷ کیلوگرمی محتوی خاک، ماسه و کود با نسبت ۱:۱:۲ هم‌زمان با انتقال نشاها کشت گردید. گلدان‌ها، بلافاصله پس از کاشت، آبیاری شدند. آنالیز خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

اعمال تنش شوری

پس از استقرار اولیه و مراقبت از گیاهچه‌ها، تیمارهای شوری به مدت هشت ماه اعمال شد. جهت تهیه سطوح مختلف شوری از آب شهری (۰/۴۴ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر)، آب چاه مرکز ملی تحقیقات شوری (۲/۸ دسی زیمنس بر متر) و آب چشمه‌های کویر استان یزد (۱۰ دسی زیمنس بر متر) استفاده شد. به این منظور قبل از آبیاری، سطوح مختلف با رقیق‌سازی آب شور تهیه و با توجه به نیاز جهت آبیاری گلدان‌ها استفاده شد. آنالیز آب آبیاری در این آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. جهت کنترل شوری نیز، پس از هر دفعه آبیاری، زهکش‌ها در حدود ۳۰ درصد در نظر گرفته و جمع‌آوری شد و با دستگاه EC متر، میزان شوری آن اندازه‌گیری گردید.

پارامترهای اندازه‌گیری شده

در این پژوهش صفات مرفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک کل و همین‌طور صفات فیزیولوژیکی از قبیل میزان کلروفیل a و b و کل، کاروتنوئید، قند محلول، محتوای آب نسبی برگ، نشت الکترولیت، پرولین، پروتئین و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و نیتروژن موردبررسی قرار گرفتند.

شکل ۱- گیاهان زوفا کاشت شده به‌صورت نشا (ز-ن) و بذر (ز-ب) تحت سطوح مختلف شوری (۲۲=شوری ۳ دسی زیمنس و تکرار دوم، ۲۱=شوری آب شهر و تکرار دوم، ۱۵= شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر که گیاهان خشک شدند و از آزمایش حذف شد)

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

هدایت الکتریکی (dS.m-1)	اسیدیته خاک	کربن آلی (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	شن (%)	سلیت (%)	رس (%)
۳/٤٥	۷/۵۳	۰/۰۱	۵/۹۲	۱۴۱	۵۸/۱۸	۱۲/۸۲	۲۹

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

نسبت جذب سدیم	SO_4^{2-} (meq l^{-1})	Cl^- (meq l^{-1})	K^+ (meq l^{-1})	Na^+ (meq l^{-1})	HCO_3^- (meq l^{-1})	CO_3^{2-} (meq l^{-1})	Mg^{2+} (meq l^{-1})	Ca^{2+} (meq l^{-1})	نسبت جذب سدیم	اسیدیته آب	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)
۳/۹	۹/۷۵	۱۷/۳۱	۰/۱	۱۱/۷۴	۲/۸۹	۰	۸/۴۲	۹/۷	۳/۹	۸/۰۵	۲/۸
۲۸/۸۳	۷/۸۲	۸۶/۴۸	۰/۲۱	۸۰/۷۳	۲/۷۷	۰	۱۲/۸۸	۳/۲۶	۲۸/۸۳	۸	۱۰ (شوری رقیق‌شده)

فاکتورهای مرفولوژیکی

پس از اعمال تیمارها، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات انجام گرفت. ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Windias 3) اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد دستگاه آون قرار گرفتند و بعد از آن وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال حساس ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

فاکتورهای فیزیولوژیکی

کلروفیل و کاروتنوئید

برای اندازه‌گیری کلروفیل ۰/۵ گرم از بافت برگ را جدا و داخل هاون چینی ریخته و با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده، سپس نمونه‌ها توسط کاغذ صافی ۴۲ واتمن صاف گردید. بعد از تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن آن با استون، عصاره جداشده درون آن قرار داده شد و مقدار جذب در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵، ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. از رابطه‌های ۱ تا ۴ برای محاسبه غلظت کلروفیل a و b و کل و همچنین کارتنوئید استفاده شد (Arnon, 1949):

$$Chl.a\ (mg/g\ FW) = [\ 12/7\ (A663) - 2/69\ (A\ 645)] \times V/W \quad (۱)$$

$$Chl.b\ (mg/g\ FW) = [\ 22/9\ (A645) - 4/68\ (A\ 663)] \times V/W \quad (۲)$$

$$Chl.\ total\ (mg/g\ FW) = [\ 20/2\ (A645) + 8/02\ (A\ 663)] \times V/W \quad (۳)$$

$$C\ (mg/g\ FW) = [\ 7/6\ (A480) + 1/49\ (A\ 510)] \times V/W \quad (۴)$$

FW= وزن تازه برگ

V= حجم نهایی استن

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از دو برگ جوان نمونه‌برداری شده از تمامی تیمارهای آزمایشی استفاده گردید. ابتدا در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه شد. سپس ۱۰۰ میلی‌گرم برگ را در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت قرار داده (دمای ۴ درجه) و بعد از آن وزن اشباع اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت دیگر درآور با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. مقدار محتوای آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید (Schonfeld et al., 1988):

$$RWC= [(FW - DW)/ (TW - DW)] \times 100 \quad (۵)$$

Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

Dw: وزن خشک برگ بعد قرار گرفتن در آون

Tw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

نشت الکترولیت

۰/۵ گرم بافت گیاه را پس از شستشو در ر در قوطی‌های فیلم استریل شده حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت شناور کرده و در پایان ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی آب توسط ECمتر در دمای اتاق سنجیده شد. سپس نمونه‌ها را به مدت یک ساعت با دمای ۱۰۰ درجه در اتوکلاو حرارت داده شد و بعد از خنک شدن آن‌ها مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. میزان نشت الکترولیت با استفاده از رابطه ۶ محاسبه گردید (Shi et al., 2006):

$$EC = [EC_1 / EC_2] \times 100 \quad (۶)$$

EC_1: هدایت الکتریکی آب قبل از حرارت

EC_2: هدایت الکتریکی آب بعد از حرارت

پرولین

به‌منظور اندازه‌گیری پرولین مقدار ۰/۵ گرم از بافت تر برگ را در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و مخلوط یکنواختی را تهیه شد. مخلوط حاصل‌شده را با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف و سپس ۲ میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه را با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص در

داخل لوله آزمایش مخلوط کرده و به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حمام آب گرم قرار داده شد. بعد از گذشت زمان لوله‌های حاوی نمونه‌ها را بلافاصله به‌منظور قطع کلیه واکنش‌ها، در حمام یخ قرار داده شد تا سرد شود. پس از آن ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه کرده و لوله‌ها به خوبی تکان داده شد. بعد از گذشت چند دقیقه ۲ لایه کاملاً مجزا در لوله‌های آزمایش مشخص شد. از لایه رنگی فوقانی مخلوط آزمایش که حاوی تولوئن و پرولین بود، برای اندازه‌گیری میزان غلظت پرولین استفاده شد. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن آن با تولوئن، میزان جذب لایه رنگی فوقانی در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. میزان پرولین با استفاده از رابطه ۷ محاسبه گردید (Bates et al., 1973):

$$Y= [(M*T)/W] \quad (۷)$$

M= عدد قرائت‌شده
T= حجم تولوئن
W= وزن نمونه برگی

قندهای محلول

برای سنجش میزان قندهای محلول، ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت یک هفته به یک میلی‌لیتر از محلول فوقانی نمونه، یک میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ اضافه و به هم زده شد. در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری و کالیبره کردن با محلول شاهد (یک میلی-لیتر اتانول ۷۰ درصد، یک میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ)، در طول‌موج ۴۸۵ نانومتر، میزان جذب تعیین‌شده و با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز، میزان تغییرات قندها بر حسب میلی‌گرم وزن خشک ارزیابی گردید (سودایی‌زاده و منصوری، ۱۳۹۳). میزان قند محلول با استفاده از رابطه ۸ محاسبه گردید (Kochret, 1978):

$$Y= [(M*T)/W]*10 \quad (۸)$$

M= عدد قرائت‌شده
T= محلول شاهد
W= وزن نمونه برگی

نیتروژن

برای اندازه‌گیری نیتروژن ۰/۲ گرم از نمونه خشک‌شده گیاه موردنظر را در یک بالن کجلدال ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و ۱/۱ گرم نمک کاتالیزور را به‌علاوه ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. سپس در دستگاه هضم به مدت ۳ ساعت در دمای ۴۸۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و بعد از سرد شدن نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در دستگاه تقطیر قرار داده شد که مواد موردنیاز در این مرحله اسیدبوریک ۲ درصد و سود ۱۰ نرمال می‌باشد. سپس در مرحله تیتراسیون با اضافه کردن معرف به نمونه محلول سبزرنگی به دست آمد که در پایان تیتراسیون توسط اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال به رنگ صورتی تمایل پیدا کرد. در نهایت میزان نیتروژن با استفاده از رابطه ۹ محاسبه گردید (غازان شاهی، ۱۳۷۶):

$$\%N = \frac{V*N*1/4}{S} \quad (۹)$$

V= حجم اسید مصرفی در تیتراسیون
N= نرمالیته اسید سولفوریک
S= وزن خشک گیاه

سدیم و پتاسیم

۰/۵ گرم نمونه خشک‌شده را توزین و در کروزه چینی ریخته و در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شد، بعد از اتمام این مدت کوره را خاموش و کروزه‌ها از کوره خارج شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۲ مولار) را به بوته چینی‌ها اضافه کرده و پس از آن بوته چینی‌ها را روی صفحه حرارتی قرار داده شد. بعد از این که دو سوم آن بخار شد ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد تا اسید رقیق شود. در نهایت محلول داخل بوته چینی را صاف نموده و به حجم رسانده شد. در مرحله بعد غلظت عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد.

پروتئین

برای محاسبه پروتئین ابتدا مقدار نیتروژن محاسبه‌شده و سپس در ضریب ۶/۲۵ ضرب گردید (عاصمی و تقی زاده، ۱۳۸۶).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع آن‌ها از روش تجزیه واریانس دوطرفه با کمک نرم‌افزار آماری SAS ver.9.2 انجام گردید. مقایسات مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان ارتفاع معنی‌دار بودند (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری و نوع کشت بر گیاه زوفا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع	سطح برگ	وزن خشک کل
شوری	۲	۱۲۳۲/۴۶**	۲۷۴۵۴۰/۱۱**	۰/۳۱**
نوع کشت	۱	۳۸۵/۴۱**	۴۸۷۲/۸۲ns	۰/۳۳**
شوری× نوع کشت	۲	۲۵/۳۶ns	۳۱۵۴/۱۸ns	۰/۰۰۶ ns
خطای آزمایش	۱۲	۲۶/۲۷	۱۸۹۶۸/۹۸	۰/۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۸/۳۵	۲۵/۲۸	۱۶/۹۲

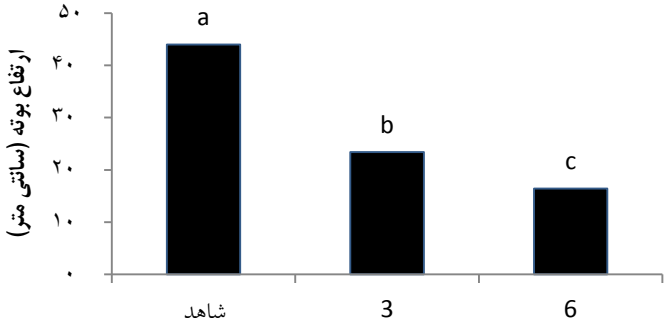
**: معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ns: عدم معنی‌داری

بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، با افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در میزان ارتفاع گیاه مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان را تیمار شاهد (۴۴ سانتی‌متر) دارا بود و کمترین میزان در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۱۶/۴۴ سانتی‌متر) به دست آمد. افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۶۲/۶۳ درصدی ارتفاع را نسبت به شاهد در برداشت (شکل ۲). از طرفی نوع کشت نیز بر میزان ارتفاع تأثیرگذار بود. به‌طوری‌که بیشترین میزان ارتفاع را گیاه در حالت کشت نشاء (۳۲/۵۷ سانتی‌متر) دارا بود (شکل ۳).

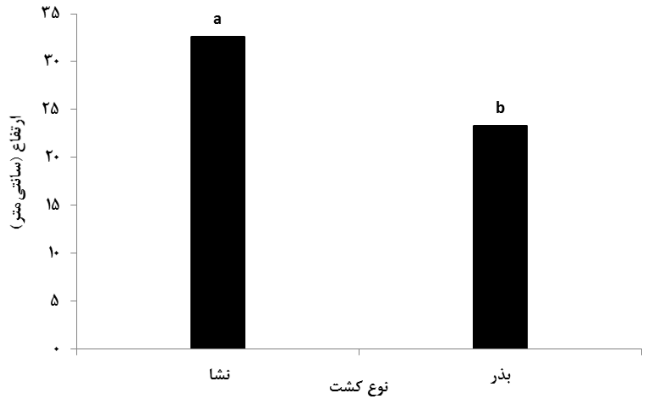
به‌طورکلی کاهش ارتفاع، می‌تواند ناشی از تنش اسمزی و یا به دلیل بازدارندگی فتوسنتز به‌واسطه اثرات مستقیم تنش شوری باشد (Moradi, 2002). شوری همچنین باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه‌ها به برگ شده که همین امر منجر به کاهش رشد و ارتفاع گیاه نیز می‌گردد (صفری محمدیه، ۱۳۹۴). همچنان که در گیاه نعناع سبز نیز با افزایش شوری کاهش در میزان ارتفاع گزارش شد (صفری محمدیه، ۱۳۹۴). از طرف دیگر، محققین بر این نظر توافق نظر دارند که پس از مرحله گیاهچه‌ای، اکثر گیاهان به‌تدریج با پیشرفت مراحل رشدی از رویشی به زایشی و سپس پر شدن دانه، میزان تحملشان به شوری بیشتر می‌گردد (Galeshi, 2015) همچنان که در این پژوهش نیز کشت گیاه در حالت نشاء، با توجه به سپری شدن مراحل گیاهچه‌ای و دارا بودن قدرت تحمل بالاتر نسبت به تنش شوری، نسبت به کشت گیاه از بذر، از ارتفاع بالاتری برخوردار گردید.

سطح برگ

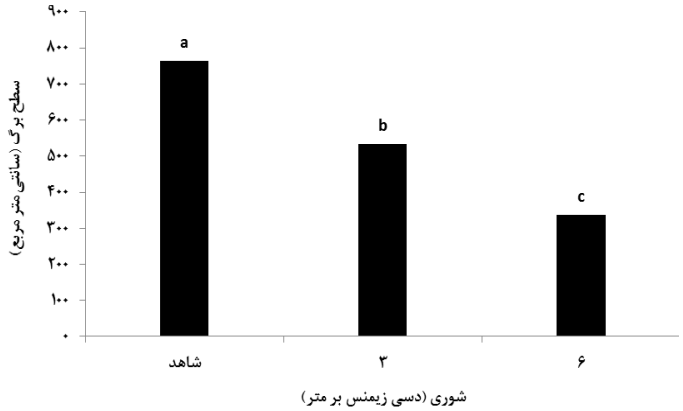
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر سطح برگ گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، با افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در سطح برگ گیاه مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان را تیمار شاهد (۷۶۴/۵۱ سانتی‌متر مربع) دارا بود و کمترین میزان در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۳۳۷/۱۶ سانتی‌متر مربع) به دست آمد. افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۵۵/۸۹ درصدی میزان سطح برگ را نسبت به شاهد در برداشت (شکل ۴). به‌طورکلی تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل‌استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ می‌گردد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف شوری بر ارتفاع زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند).



شکل ۳- تأثیر نوع کشت بر ارتفاع زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ٤- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر سطح برگ زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

وزن خشک کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان وزن خشک گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۳). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، با افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در میزان وزن خشک گیاه مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان را تیمار شاهد (۰/۸۶ گرم در بوته) دارا بود که با سطح شوری ۳ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۰/۴۲ گرم در بوته) به دست آمد. افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۵۱/۱۶ درصدی وزن خشک کل را نسبت به شاهد در برداشت (شکل ۵). از طرفی نوع کشت نیز بر میزان وزن خشک گیاه تأثیرگذار بود. به‌طوری‌که بیشترین میزان در گیاه حالت کشت نشاء (۰/۸۱ گرم در بوته) حاصل گردید (شکل ۶). در واقع تنش شوری با کاهش سطح برگ، کاهش سطح فتوسنتز کننده و نیز به هم خوردن تعادل هورمونی درون گیاه موجب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود (Munns, 1988). همچنان که در تحقیق حاضر، افزایش شوری، کاهش سطح برگ‌ها را باعث گردید و در نهایت کاهش وزن خشک کل را به دنبال داشت. در پژوهشی مشابه نیز کاهش در میزان وزن خشک سیاه‌دانه با افزایش تنش شوری گزارش شد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۹).

صفات فیزیولوژیکی

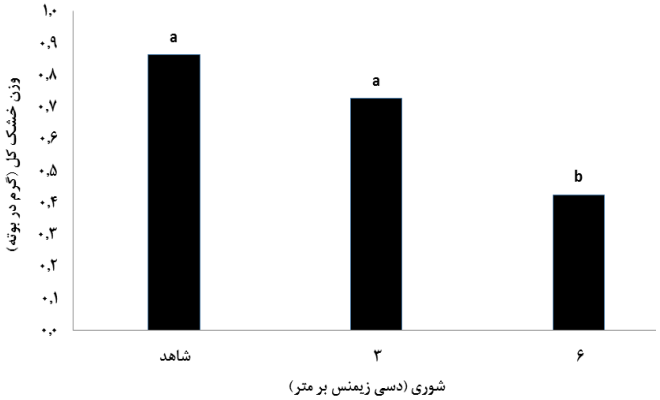
کلروفیل a

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد، نوع کشت در سطح پنج درصد و اثر متقابل تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل a معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، بیشترین میزان کلروفیل a را تیمار شاهد در حالت کشت نشاء (۲۱/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین میزان در تیمارهای شوری ۶ دسی زیمنس و حالت کشت بذر (۱۱/۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد که از لحاظ آماری با کشت نشاء اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷). روند کلی نتایج نشان داد، با افزایش

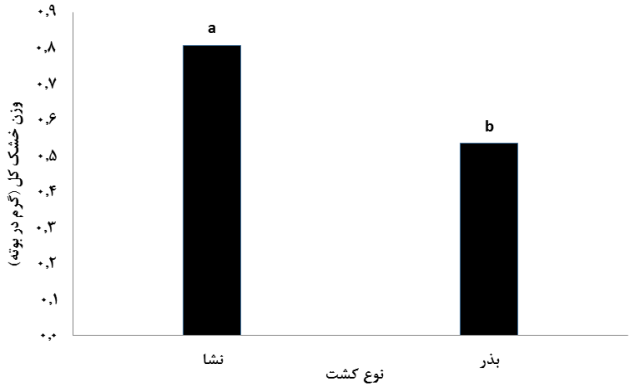
تنش شوری، کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل a مشاهده شد، به‌طوری‌که افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۴۶/۳۱ درصدی میزان کلروفیل در حالت نشاء و ۲۴/۱ درصدی در حالت کشت بذر را نسبت به شاهد در برداشت. نوع کشت اختلاف معنی‌داری در پارامتر مذکور نداشت به صورتی که در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و ۳ دسی زیمنس بر متر هر دو نوع کشت در یک سطح قرار گرفتند. همچنین بین تیمارهای سطح شوری ۳ دسی زیمنس بر متر در دو نوع کشت و تیمار شاهد در حالت کشت بذر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در واقع، شوری به دلیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش تجمع یون‌ها در برگ‌ها باعث تجزیه و کاهش کلروفیل و سبزینگی می‌گردد (Sultana et al., 1999). مطابق با همین نتایج، جهان تیغ و همکاران (۱۳۹۵) نیز کاهش در میزان کلروفیل را در زوفا تحت تنش شوری گزارش کردند.

کلروفیل b

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد، نوع کشت در سطح پنج درصد و اثر متقابل تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل b معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، بیشترین میزان کلروفیل b را تیمار شاهد در حالت کشت نشاء (۴/۹۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین میزان در تیمارهای شوری ۶ دسی زیمنس و حالت کشت بذر (۲/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد که از لحاظ آماری با کشت نشاء اختلاف معنی‌داری نداشت. روند کلی نتایج نشان داد، با افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل b مشاهده شد، به‌طوری‌که افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۵۷/۴۳ درصدی میزان کلروفیل در حالت نشاء و ۵۷/۰۲ درصدی در حالت کشت بذر را نسبت به شاهد در برداشت. در پژوهشی بر روی نعنا نیز کاهش در میزان کلروفیل b، گزارش شد (جوشن و همکاران، ۱۳۹۹). نوع کشت اختلاف معنی‌داری در پارامتر مذکور نداشت، به صورتی که در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و ۳ دسی زیمنس بر متر هر دو نوع کشت در یک سطح قرار گرفتند. همچنین بین تیمارهای سطح شوری ۳ دسی زیمنس بر متر در دو نوع کشت و تیمار شاهد در حالت کشت بذر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۸).



شکل ۵- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر وزن خشک کل زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

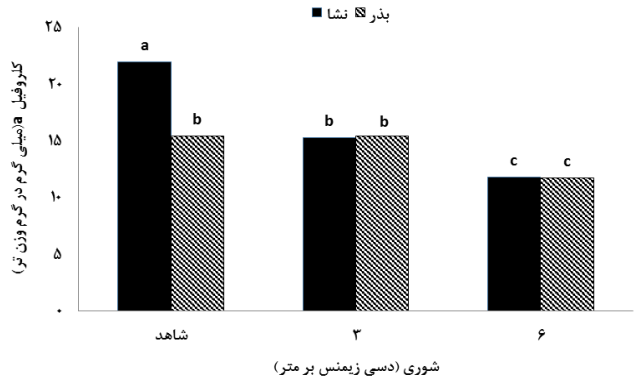


شکل ٦- تأثیر نوع کشت شوری بر وزن خشک کل زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

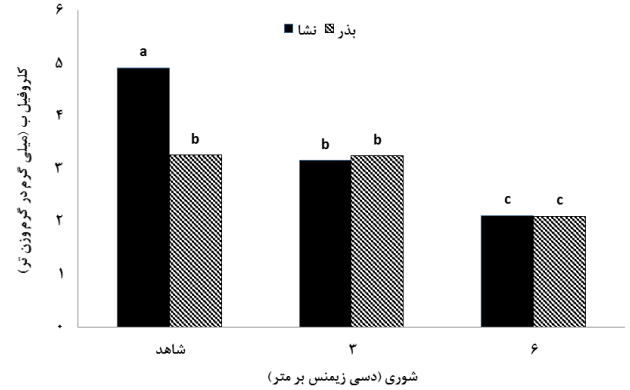
جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری و نوع کشت بر گیاه زوفا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	قند محلول	محتوای آب نسبی	نشت الکترولیت	پروتئین	نیتروژن	سدیم	پتاسیم
شوری	۲	۷۳/۲**	۵/۸۹**	۱۲۰/۶**	۰/۴۲*	۰/۰۰۵**	۸/۱۲**	۱۸/۱۱**	۱۳/۳۶ ns	۲۶۸/۴۲ ns	۶/۸۷ ns	۲۳۴۶۸۱۳۱/۸۹**	۳۲۸۵۴۳۸۶/۰۸**
نوع کشت	۱	۱۹/۴۱*	۱/۲۶*	۳۰/۶*	۰/۶۹*	۰/۰۰۰۱ ns	۱/۲۴ ns	۲۴۸/۹۴**	۳/۰۸ ns	۲۴۱/۲۲ ns	۶/۱۷ ns	۱۰۰۵۸۷۷/۳۸ ns	۳۰۶۱۵۹/۴۸۶۸ ns
شوری× نوع کشت	۲	۲۲/۲۸**	۱/۴۳**	۳۵/۰۱**	۰/۷۵**	۰/۰۰۰۲ ns	۵/۶۱ ns	۲/۲۱ ns	۲/۵۶ ns	۶۴/۶۵ ns	۱/۶۵ ns	۷۶۳۰۸۸/۴۱ ns	۷۳۳۷۶۷/۴۶ ns
خطای آزمایش	۱۲	۳/۱۵	۰/۱۴	۴/۵۵	۰/۰۸	۰/۰۰۰۵	۱/۱۶	۱/۹۲	۶/۵۴	۶۹/۶۲	۱/۷۸	۳۹۶۶۰۹/۴۳	۴۱۴۶۴۴/۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۶۳	۱۲/۰۴	۱۱/۶	۱۱/۸۶	۲۵/۰۲	۱/۸۳	۲/۲۴	۲/۷۹	۲۶/۸۷	۲۶/۸۷	۸/۹۸	۳/۴۶

**: معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ns: عدم معنی‌داری



شکل ۷- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری و نوع کشت بر میزان کلروفیل a زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)



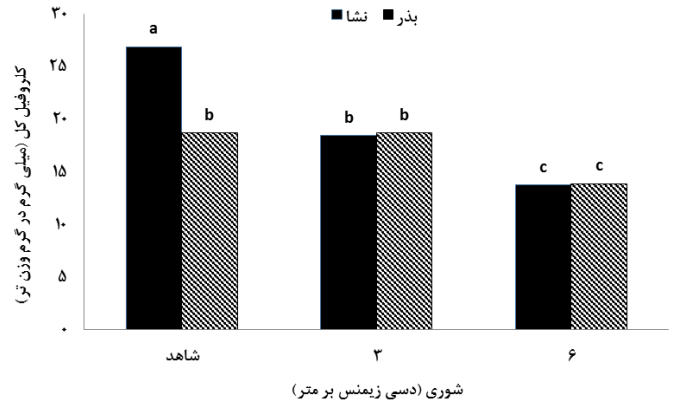
شکل ۸- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری و نوع کشت بر میزان کلروفیل b زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.)

کلروفیل کل

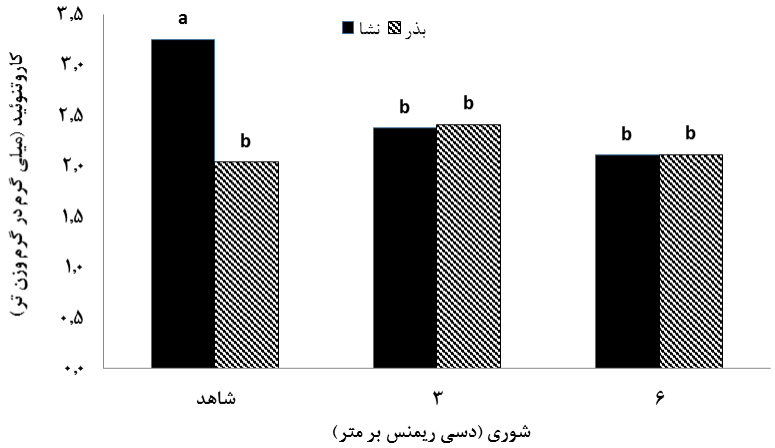
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد، نوع کشت در سطح پنج درصد و اثر متقابل تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، بیشترین میزان کلروفیل کل را تیمار شاهد در حالت کشت نشاء (۲۶/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین میزان در تیمار شوری ۶ دسی زیمنس و حالت کشت نشاء (۱۳/۷۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد که از لحاظ آماری با کشت بذری اختلاف معنی‌داری نداشت. روند کلی نتایج نشان داد، با افزایش تنش شوری، کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل کل مشاهده شد، به‌طوری‌که افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۴۸/۷۹ درصدی میزان کلروفیل در حالت نشاء و ۴۸/۳۴ درصدی در حالت کشت بذر را نسبت به شاهد در برداشت. نوع کشت اختلاف معنی-داری در پارامتر مذکور نداشت به صورتی که در سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر و ۳ دسی زیمنس بر متر هر دو نوع کشت در یک سطح قرار گرفتند. همچنین بین تیمارهای سطح شوری ۳ دسی زیمنس بر متر در دو نوع کشت و تیمار شاهد در حالت کشت بذر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۹).

کاروتنوئید

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و نوع کشت در سطح پنج درصد و اثر متقابل تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بودند (جدول ۴). بیشترین میزان کاروتنوئید را تیمار شاهد در حالت کشت نشاء (۳/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و در مقابل کمترین میزان را در همین سطح شوری، حالت کشت بذری (۲/۰۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) دارا بود که از لحاظ آماری با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی با افزایش شوری میزان این رنگ ریزه کاهش یافت (شکل ۱۰). علت کاهش مقدار کاروتنوئیدها در شرایط شوری، تخریب بتاکاروتن و تشکیل زآگزانتین می‌باشد (Sultana et al., 1999). شکی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی تنش شوری بر روی گلرنگ نیز کاهش در میزان کاروتنوئید را گزارش کردند.



شکل ۹- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری و نوع کشت بر میزان کلروفیل کل زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.)



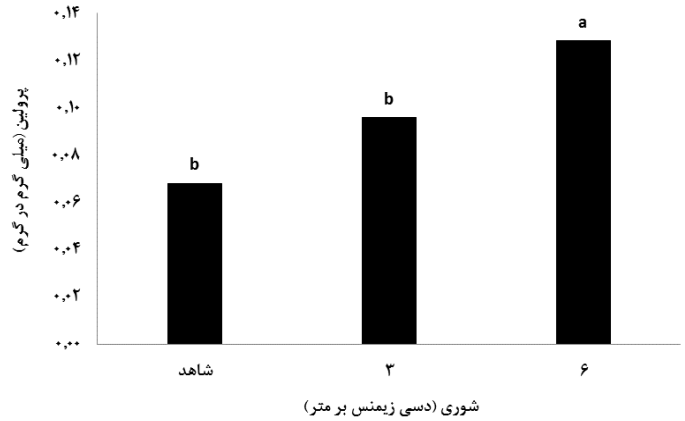
شکل ۱۰- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری و نوع کشت بر میزان کاروتنوئید زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

پرولین

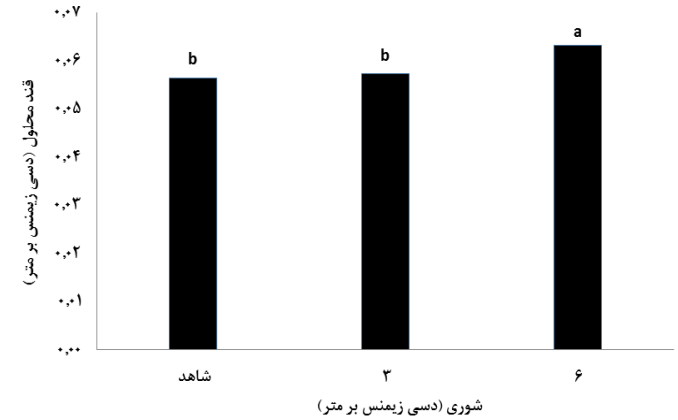
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس مقایسات میانگین داده‌ها، تنش شوری، باعث افزایش میزان پرولین گردید. به‌طوری‌که بیشترین میزان این پارامتر در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۰/۱۲ میلی‌گرم در گرم) و کمترین میزان در تیمار شاهد (۰/۰۶ میلی‌گرم در گرم) به دست آمد که با تیمار ۳ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱۱). در تحقیقی مشابه آقائی و همکاران (۱۳۹۳) نیز افزایش در میزان پرولین دو گونه مریم‌گلی تحت تنش شوری را گزارش کردند.

قند محلول

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر میزان قند محلول معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس مقایسات میانگین داده‌ها، تنش شوری، باعث افزایش ۱۲/۵ درصدی، میزان قند محلول نسبت به شاهد گردید. بیشترین میزان این پارامتر در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۰/۰۶۳ میلی‌گرم در گرم) و کمترین میزان در تیمار شاهد (۰/۰۵۶ میلی‌گرم در گرم) به دست آمد که با تیمار ۳ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱۲). در واقع در شرایط تنش شوری قندهای نامحلول (نشاسته) تجزیه شده و قندهای محلول را ایجاد می‌کنند که سلول به این طریق قادر به حفظ پتانسیل اسمزی می‌گردد و خطر دهیدراتاسیون سلول کاهش می‌یابد. علاوه بر این، کاهش مصرف قند به دلیل کاهش فتوسنتز در طی تنش شوری نیز عامل دیگری برای افزایش غلظت قندهای محلول در سلول می‌باشد (Parvaiz and Satyawati, 2008). وجودی مهربانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز افزایش در میزان قندهای محلول را با افزایش تنش شوری در مرزه گزارش کردند.



شکل ۱۱- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر میزان پرولین زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)



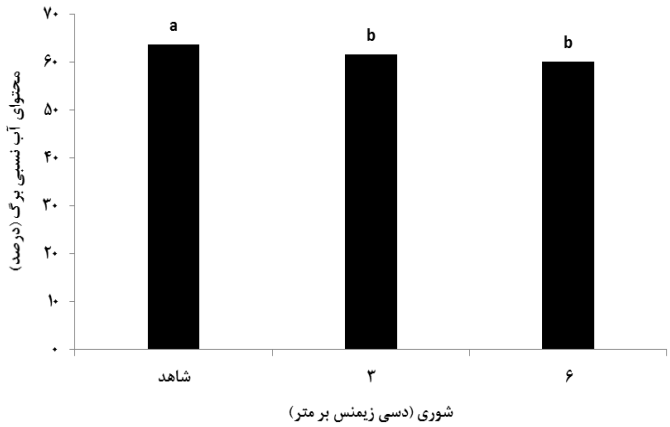
شکل ۱۲- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر میزان قند محلول زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

محتوای آب نسبی برگ

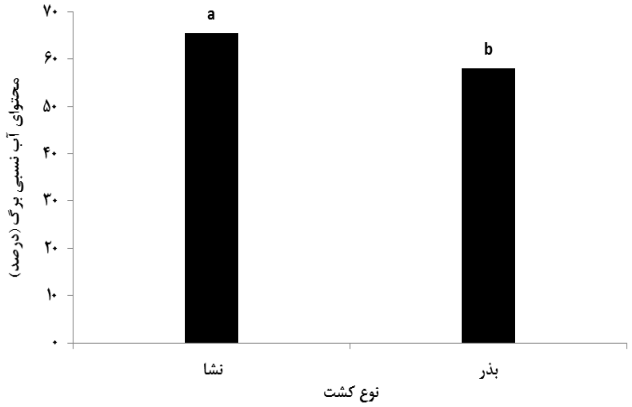
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری و نوع کشت در سطح یک درصد بر میزان محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس، مقایسات میانگین داده‌ها، با افزایش تنش شوری میزان محتوای آب نسبی در برگ کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان محتوای آب نسبی را تیمار شاهد (۶۳/۷ درصد) و کمترین میزان را تیمار تنش شوری ۶ دسی زیمنس بر متر (۶۰/۲۴ درصد) دارا بود که با تیمار ۳ دسی زیمنس بر متر دارای اختلاف معنی‌دار نبود. افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش ۵/۴۳ درصدی محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد گردید (شکل ۱۳). حسینی و همکاران (۱۳۹۵) با تحقیقی بر روی آویشن گزارش کردند که با افزایش شوری از ۵۰ به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب برگ به‌صورت معنی‌داری کاهش نشان داد. همچنین نوع کشت نیز بر میزان محتوای آب نسبی برگ تأثیرگذار بود. به‌طوری‌که بیشترین میزان را گیاه در حالت کشت نشاء (۶۵/۶۱ درصد) دارا بود که نشان‌دهنده مقاومت بالاتر گیاه در چنین شرایطی بود (شکل ۱۴).

سدیم

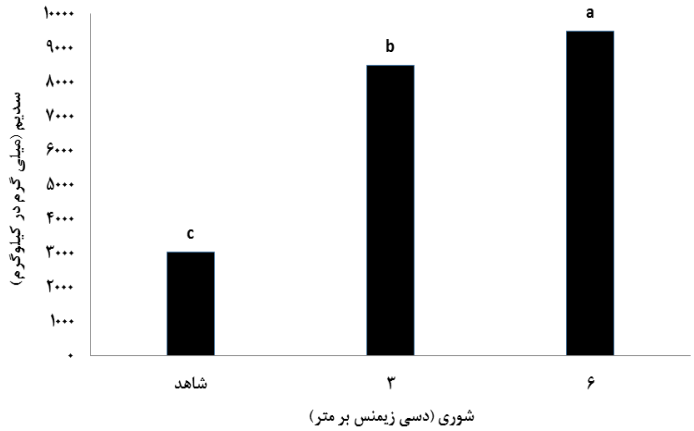
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر میزان سدیم گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس مقایسات میانگین داده‌ها، با افزایش تنش شوری، افزایش معنی‌داری در میزان سدیم گیاه مشاهده گردید. بیشترین میزان سدیم در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۹۴۸۶/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین میزان در تیمار شاهد (۳۰۳۵/۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) به دست آمد (شکل ۱۵). مطابق با همین نتایج، ارچنگی و خدامباشی (۱۳۹۳) در پژوهشی با افزایش سطح شوری، انباشتگی یون سدیم را در اندام هوایی گیاه و ریشه ریحان گزارش کردند.



شکل ۱۳- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر محتوای آب نسبی برگ زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)



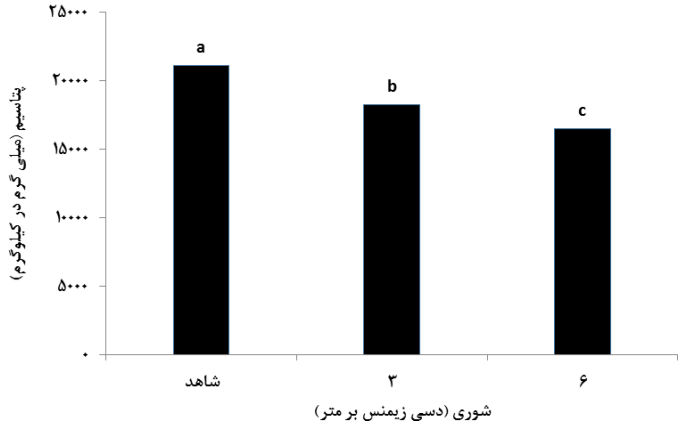
شکل ۱٤- تأثیر نوع کشت بر محتوای آب نسبی برگ زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ۱۵- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر میزان سدیم گیاه زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند)

پتاسیم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری در سطح یک درصد بر میزان پتاسیم گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۴). بر اساس مقایسات میانگین داده‌ها، بیشترین میزان پتاسیم در تیمار شاهد (۲۱۰۹۰/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین میزان در تیمار ۶ دسی زیمنس بر متر (۱۶۴۵۲/۳۳ میلی‌گرم در گرم) به دست آمد. افزایش تنش شوری تا سطح ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش ۲۱/۹۹ درصدی پتاسیم را نسبت به شاهد در برداشت (شکل ۱۶). در واقع تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به‌وسیله ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم در گیاه می‌شود. تحت شرایط شور، غلظت زیاد سدیم میزان جذب پتاسیم را توسط ریشه کاهش می‌دهد (Stuciffe and Baker, 1981). در همین راستا مهدی زاده و همکاران (۱۳۹۸) نیز در پژوهشی در مرزه گزارش کردند که با افزایش غلظت نمک، میزان سدیم برگ مرزه افزایش یافت و از میزان پتاسیم کاسته شد.



شکل ۱۶- تأثیر کاربرد سطوح مختلف شوری بر میزان پتاسیم گیاه زوفا (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت شوری آب در گیاه زوفا، صفات مورفولوژیکی همچون ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک و همچنین صفات فیزیولوژیکی همچون کلروفیل‌ها، کاروتنوئید، محتوای آب نسبی و پتاسیم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل شاخص‌های پرولین، قند و سدیم افزایش نشان داد. در بیشتر پارامترها، کشت نشاء نتایج بهتری را در بر داشت و در برخی صفات از جمله کلروفیل، به‌جز در تیمار شاهد، در بقیه سطوح تفاوت معنی‌داری بین کاشت بذر و نشا مشاهده نشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که در کشت نشاء، به دلیل استقرار بیشتر گیاه و سپری شدن مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه که از حساس‌ترین مراحل به تنش شوری هستند، نتایج بهتری حاصل گردید و گیاهان از رشد بهتری برخوردار بودند.

منابع

ارچنگی، آ. و خدامباشی، م. ۱۳۹۳. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، میزان اسانس و انباشت یونی در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۵ (۱۷): ۱۳۸-۱۲۵.

آقائی، ک.، طایی، ن.، کنعانی، م. ر. و یزدانی، م. ۱۳۹۳. اثر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه مریم گلی (Salvia). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۹): ۹۶-۸۵.

امینی، امیر. ۱۳۸۷. فرهنگ گیاهان دارویی کرد-فارسی-انگلیسی-عربی، تهران، آرام گستر. ۲۸۶ ص.

جهان تیغ. ا.، نجفی، ف.، نقدی بادی، ح.، خاوری نژاد، ر. و سنجریان، ف. ۱۳۹۵. مطالعه برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک زوفا در مرحله رویش تحت تاثیر تنش شوری. زیست شناسی گیاهی ایران. ۸ (۲۷): ۹۴-۸۱.

جوادی، ح.، ثقه الاسلامی، م. ج. و موسوی، س. غ. ۱۳۹۲. بررسی اثر شوری بر جوانه‌زنی ورشد اولیه گیاهچه چهار گونه گیاه دارویی. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۱۲ (۱): ۶۴-۵۳.

جوشن، ز.، سودایی زاده، ح.، حکیم زاده اردکانی، م. ع.، یزدانی بیوکی، ر. و خواجه حسینی، س. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر محلول‌پاشی

گلایسین بتائین بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نعناع (*Mentha spicata* var. crantz) تحت تنش شوری. مجله تولیدات گیاهی. ۴۳ (۲): ۲۸۰-۲۶۹.

حسینی، ح.، موسوی‌فرد، ص.، فاتحی، ف. و قادری، ا. ۱۳۹۵. تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مرفو- فیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L. CV Varico 3) تحت تنش شوری. فصلنامه گیاهان دارویی. ۱۶(۱): ۳۳-۲۲.

زرگری ع. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی. چاپ ششم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

سودایی‌زاده، ح. و منصوری، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول در گیاه دارویی مریم‌گلی‌لوله‌ای (*Salvia macrosiphon* Boiss.). خشکبوم. ۴ (۱): ۹-۱.

شکی، ف.، ابراهیم‌زاده معبود، ح. و نیکنام، و. ۱۳۹۷. بررسی اثر برهمکنش سالیسیلیک اسید و پنکونازول بر پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تنش شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۳۱ (۲): ۳۸۲-۳۷۰.

صفری محمدیه، ز.، مقدم، م.، عابدی، ب. و سمیعی، ل. ۱۳۹۴. تأثیر تنش شوری بر برخی پارامترهای عملکردی و خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.) در شرایط هیدروپونیک .علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای. ۶ (۲۳): ۹۷-۱۰۶.

عاصمی، ذ. و تقی زاده، م. ۱۳۸۶. ارزیابی قابلیت حقیقی هضم پروتئین آرد گندم و مخلوط آرد گندم، فصلنامه فیض، ۱۱(۲): ۴۹-۴۳.

غازان شاهی، ج. ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات مترجم.

قربانلی، م.، ادیب هاشمی، ن. و پیوندی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر شوری و اسید آسکوربیک بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامهٔ تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. (۲۶) ۳ : ۳۸۸-۳۷۰.

قربانی، م.، موحدی، ز.، خیری، ع. ا. و رستمی، م. ۱۳۹۷. تأثیر تنش شوری بر برخی از صفات مرفوفیزیولوژیک و کمیت و کیفیت اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۱(۲): ۴۲۰- ۴۱۳.

مرآتی، م. ج.، نیکنام، و.، حسن‌پور، ح. و میرمعصومی، م. ۱۳۹۴. مقایسه تأثیر تنش شوری بر رشد و پاسخ‌های آنتی اکسیدانی در اندام‌های مختلف گیاه پونه معطر (*Mentha pulegium* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۸ (۵): ۳۳۸-۳۲۰.

مظفریان، ۱۳۹۱. شناخت گیاهان دارویی و معطرایران، تهران، فرهنگ و معاصر.

مهدی زاده، ل.، مقدم، م. و لکزیان، ا. ۱۳۹۸. اثر بیوچار بر خصوصیات رشدی و نسبت پتاسیم به سدیم مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش کلرید سدیم. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲ (۲): ۶۰۶-۵۹۵.

وجودی مهربانی، ل.، حسن پور اقدم، م. ب.، ولی‌زاده کامران، ر. ۱۳۹۶. بررسی رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۱): ۱۱۰-۹۹.

Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24:1-15.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39(1): 205-207.

Fougere, F., Rudulier, D. L. and Streeter, J. G. 1991. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Plant Physiology. 96: 1228-1236.

Galeshi, S. 2015. The Effect of environmental stresses on plants. (Drought, Salinity, Heat and Flooding). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publication. 1. 386 p.

Gonul, H., Munevver, S., Ersan, B., Dimitra, D. and Atala, S. 2012. Automated and standard extraction of antioxidant phenolic compounds of Hyssopus officinalis L. ssp. Angustifolius. Journal of Industrial Crops and Products. 43:427-433.

Kavi kishor, P. B., Hong., Z., Miae, G. H., IIu, C.A. and Verma, D. P. A. 1995. Over expression of pyrrolin-5-eaboxylate increases production and confers osmotolerance in transgenic plants. Plant Physiology. 108: 1387-1394.

Khan, M. A. and Gulzar, S. 2003. Germination responses of Sporobolus ioclados: A saline desert grass. Journal of Arid Environments. 53 (3): 387-394.

Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid metod. In: J. A. Helebust and S. Craig (Eds.), Hand book of phycologia and biochemical methods (pp. 95-97). London: Cambridge University Press.

Moradi, F .2002. physiological charactenization of rice

Science. 28: 526-531.

Shi, Q., Bao, Z. Zhu, Z. Ying, Q. and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of Cucumis sativa L. Plant Growth Regulation. 48:127-135.

Sonia, R., Manoj, K. S., Neeraj, K. and Neelam, N. 2019. Impact of salinity and zinc application on growth, physiological and yield traits in wheat. Current Science. 116(8): 1324-1330.

Stuciffe, J. and Baker, D. A. 1981. Plants and Mineral Salts. Edward Arnold Publisher, Southampton. 16-18.

Sultana, N., Ikeda, T. and Itho, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany Journal. 42(3): 211-220.

cultivars for salinit tolerance during vegetative and reproductive stages.PHD.thesis. The university of Philippines at losBanos. laguna. philhppinnes. 190 p.

Munns, R. 1988. Causes of varied differences in salt tolerance. Plant Physiology. 960-989.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants - A review. Plant, Soil and Environment. 54: 88-99.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants - A review. Plant, Soil and Environment. 54 (3): 89-99.

Rajakumar, R. 2013. A study on effect of salt stress in the seed germination and biochemical parameters of rice (*Oryza sativa* L.) under in vitro condition. Asian Journal of Plant Science and Research. 3(6): 20-25.

Schonfeld, M. A., Jhonson, R., Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1145-1161

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۶۱-۱۱۴۵

Feasibility of Cultivating Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) Seedlings and Seeds Using saline Water Sources

H. Hamidian[1], H. Sodaeizadeh[2*], R. Yazdani Biouki[3], M. A. Hakimzadeh Ardakani[4], M. Soltani Gerdeframarzi[5]
Recived: Mar.05, 2023 Accepted: Oct.20, 2023

Abstract

Due to the reduction of quality of non-saline water resources, it is important to cultivate plants with high tolerance to environmental stresses such as salinity. The medicinal plant of hyssop proliferates in any soil without food. This study was conducted to determine hyssop plants' response to different planting methods and varying salinity levels. The experiment was conducted during the 2020-2021 growing season in the Salinity Research Center, Yazd, with 3 replications and based on a completely randomized design. The experimental factors included three levels of salinity (0.44 [control], 3 and 6 dS/m) as the first factor and two cultivation methods (seedlings and seeds) as the second factor. This study measured morphological traits such as plant height, leaf area, total dry weight, physiological traits such as chlorophyll and carotenoids, and sodium and potassium content. The experiment results indicate that the tallest plant height of 44 cm was achieved in the control group, exhibiting a 167% increase compared to the salinity level of 6 dS/m. Additionally, the seedling method resulted in a 43% increase in plant height compared to the seed method. The leaf area was highest in the control method, with a recorded value of 764.51 cm^2, representing a 55.5% increase compared to the salinity level of 6 dS/m. The study observed that the highest dry weight (0.86 g/plant) was achieved in the control group, with a 115% increase when compared to the 6 dS/m treatment. The seedling method also showed a 60% increase in dry weight compared to the seed method. Carotenoid content was the highest (3.25 mg/g FW) in the control group when the seedling method was used and was 62% higher than in the 6 dS/m group. The highest total chlorophyll content (26.87 mg/g FW) was also observed in the control group and was 106% higher than in the 6 dS/m salinity. Sodium levels were the highest (9486.83 mg/kg DW) in the 6 dS/m group, with a 216% increase compared to the control group. The control had the highest potassium levels (21090.09 mg/kg DW), an increase of 30% compared to the 6 dS/m treatment. The findings demonstrate that cultivating seedlings is more effective than cultivating seeds across all the measured parameters, particularly in the control treatment. Cultivating seedlings generally results in greater tolerance, adaptation, and growth than seed planting.

Keywords: Height, Seedling, Seed, Sodium, Total dry weight

1- M.Sc of Soil Chemistry and Fertility, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran
2- Associate Professor, Department of Arid Land Management and Desert Study, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
3- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
4- Associate Professor, Department of Arid Land Management and Desert Study, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
5- M.Sc., Research Division of Forest and Rangeland, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
(*- Corresponding Author Email: hsodaie@yazd.ac.ir)