مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۱ صفحه های ۹۵ تا ۱۰۶ (۱۳۹۹)

اثر تنش‌های شوری و خشکی بر فراسنجه‌های رشدی و اکوفیزیولوژیک دانهال‌های خرنوب[1]

Effect of Salinity and Drought Stresses on Growth and Eco physiological Parameters in Carob Seedlings (C*eratonia siliqua* L.)

زهرا دامنی، حمیدرضا کریمی*، علی اکبر محمدی میریک و مجید اسماعیلی زاده[2]

چکیده

به‌منظور ارزیابی میزان تحمل دانهال‌های خرنوب به تنش خشکی و شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه به‌اجرا در آمد. فاکتورها شامل دور آبیاری در ۳ سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ روز و شوری در ۳ سطح صفر، ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار نمک کلراید سدیم در آب آبیاری بود. نتیجه‌ها نشان داد که تنش خشکی و شوری باعث کاهش شاخص‌های رویشی دانهال‌های خرنوب شد، به‌طوری که کمترین فراسنجه‌های رشدی در تنش خشکی ۱۵ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. وزن تر و خشک اندام هوایی با افزایش شوری و خشکی کاهش یافت. بیشترین مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی در شاهد و کمترین مقدار در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار و دور آبیاری ۱۵ روز مشاهد شد. نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در دور آبیاری ۱۰ روز با افزایش تنش شوری کاهش یافته ولی در دور آبیاری ۱۵ روز تفاوت معنی‌داری بین سطوح شوری مشاهده نشد. با افزایش تنش خشکی و شوری میزان سدیم ریشه و ساقه افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان سدیم اندام هوایی و ریشه در دور آبیاری ۱۵ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. با توجه به این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت دانهال‌های خرنوب می‌توانند دور آبیاری ۱۰ روز و شوری ۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را به‌خوبی تحمل کنند.

واژه‌های کلیدی: خرنوب، تنش ، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ.

مقدمه

تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در سیستم کشاورزی به‌شمار می‌روند (۶). در شرایط تنش شوری و خشکی شمار محدودی از گیاهان با سازوکارهای فیزیولوژیکی و یا آناتومیکی که منجر به کاهش تلفات آب می‌شود قادر به ادامه رشد می‌باشند. پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی بسته به گونه، رقم، مدت مواجهه با تنش، سن و مرحله نمو گیاه متفاوت است. واکنش گیاهان به تنش خشکی و شوری شباهت‌های زیادی با هم دارند. تنش شوری همانند خشکی، از راه مداخله در روابط آبی سبب کاهش در آب قابل دسترس گیاه و به‌دنبال آن کاهش سرعت رشد و تغییر در فعالیت‌های متابولیکی می‌شود (۱۱). خرنوب (*Ceratonia siliqua* L.) از جمله گیاهانی می‌باشد که به‌دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای قوی قادر به تحمل خشکی است و می‌تواند در آب و هوای خشک و بدون آبیاری زنده بماند (۱۰). در

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۱

۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، گروه علوم باغبانی، استادیار، گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول: پست الکترونیک: (hrkarimi2017@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

پژوهشی، ویژگی‌های فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی دانهال‌های خرنوب در ۵ سطح شوری (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ میلی‌مولار) نمک کلرید سدیم مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که غلظت کلروفیل a با افزایش شوری کاهش یافت (۱۳). در مطالعه‌ای، El-asri و همکاران (۱۲) اثر آبیاری و شرایط دیم را بر دانهال‌های دو ساله خرنوب در شرایط آبیاری و دیم به‌مدت سه سال مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که میزان زنده‌مانی و بقای دانهال‌های خرنوب در شرایط دیم و آبیاری اختلاف معنی‌داری نداشتند که آن را به ریشه‌های عمیق خرنوب نسبت دادند. در پژوهش دیگری، Kumar و همکاران (۲۵) اثر دور آبیاری و تنش شوری بر فراسنجه‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه خرزهره را بررسی کردند و گزارش دادند که تنش شوری و خشکی هر دو سبب کاهش رشد رویشی، تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش اسمولیت‌ها و مالون دی‌آلدئید (MDA) در برگ می‌شوند. هم‌چنین، Abbas و همکاران (۸) گزارش کردند که تنش شوری و خشکی به‌صورت همزمان سبب کاهش چشمگیری در شاخص‌های رویشی، کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ در دو رقم آکاسیا شد. واکنش دانهال‌های لیمو به تنش خشکی و شوری در شرایط مزرعه توسط Perez-Perez و همکاران (۲۸) مورد بررسی قرار گرفته است و گزارش شده است که سازوکار اصلی تحمل به تنش شوری، تنظیم اسمزی می‌باشد که توسط یون کلر صورت می‌گیرد. ایشان هم‌چنین گزارش کردند کاهش تبادلات گازی در شرایط تنش خشکی به‌علت بسته شدن روزنه‌ها، سازوکار اصلی برای اجتناب از کمبود آب و نگهداری فشار آماس برگ می‌باشد. درخت خرنوب جزء خشک‌میوه‌های آردی محسوب می‌شود و دارای ارزش غذایی بالایی می‌باشد. میوه و دانه این درخت دارای ارزش غذایی بالایی می‌باشد به‌طوری‌که از لحاظ کلسیم و قند غنی بوده و در کشورهای مختلف از میوه و دانه آن در صنایع غذایی به‌ترتیب برای شیرین‌کردن و بالا بردن گرانروی (ویسکوزیته) محصول‌های غذایی استفاده می‌شود. افزون بر آن، درخت خرنوب به‌دلیل تحمل بالا به خشکی می‌تواند در فضای سبز مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه خرنوب درخت با ارزشی می‌باشد اما در ایران مورد کشت و کار قرار نمی‌گیرد و تنها به‌صورت وحشی در شهرستان کازرون استان فارس وجود دارد. با وجود اینکه در گزارش‌های پیشین خرنوب را به‌عنوان گیاه متحمل به خشکی مطرح نموده‌اند، اما گزارش جامعی در خصوص ارزیابی آن به تنش‌های شوری و خشکی به‌صورت همزمان وجود ندارد. بنابراین، این پژوهش به‌منظور ارزیابی واکنش دانهال‌های خرنوب به تنش خشکی و شوری به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ انجام شد. بذر خرنوب از شهرستان کازرون، استان فارس تهیه شد و مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا بذرهای خرنوب با اسید سولفوریک ۹۸ ٪ به‌مدت ۳۰ دقیقه تیمار و سپس ۴۸ ساعت در آب معمولی دمای ۱۵ درجه سلسیوس خیسانده شدند. بذرها در گلدان‌های ۵ کیلوگرمی حاوی ترکیب خاک و ماسه به‌میزان مساوی کشت شدند. تنش شوری و خشکی به‌مدت ۷۰ روز روی دانهال‌های ۱۰ ماهه خرنوب اعمال شد. میزان آبیاری با تعیین ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها و در نظر گرفتن ۳۰ درصد مازاد بر آن به‌منظور جلوگیری از انباشت نمک در بستر تعیین شد. در طول آزمایش دمای گلخانه در روز ۵±۲۷ درجه سیلسیوس و در شب ۳±۲۰ درجه سیلسیوس با متوسط ۱۶ ساعت روشنایی در روز و ۸ ساعت تاریکی در شب بود. تیمارهای شوری همراه با آب آبیاری با استفاده از نمک کلریدسدیم اعمال شد. در پایان آزمایش شاخص‌های رشدی (طول ساقه، طول ریشه، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌هوایی و ریشه)، فراسنجه‌های زیست‌شیمیایی شامل پرولین و محتوای قند محلول (۲۲) و شاخص‌های فیزیولوژیکی (کلروفیل کل، کلروفیل a و b، کارتنوئید، محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل فلورسانس و عنصرهای غذایی اندام‌هوایی و ریشه) اندازه‌گیری شدند. شاخص کلرفیل فلورسانس با دستگاه Hansatech LTD Poket PEA, UK در برگ‌های جوان و به‌طورکامل توسعه یافته اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter-C1-USA-202) مورد سنجش قرار گرفت. هم‌چنین طول ساقه و ریشه با خط‌کش و قطر ساقه با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ به روش Weatherely (۲۲) از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$RWC = (Wf - Wd / Wt - Wd) \times 100$$

RWC: میزان آب نسبی برگ Wf : وزن تر برگ Wd: وزن خشک برگ

Wt: وزن برگ در حالت تورژسانس

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

عنصرهای غذایی اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم بود که در ریشه و شاخساره به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. برای تهیه عصاره، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک و آسیاب شده اندام هوایی و ریشه در کوره به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه و حجم آن با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. از این عصاره به‌طور مستقیم برای اندازه‌گیری پتاسیم، منیزیم و سدیم استفاده شد. عنصرهای پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Model PFP7, JENVY, England) و عنصرهای کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (۹).

واکاوی داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با سه سطح شوری صفر، ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و سه دور آبیاری ۵، ۱۰ و ۱۵ روز به‌اجرا در آمد. هر تیمار شامل سه تکرار و هر تکرار شامل یک گلدان حاوی ۴ دانهال بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ و ترسیم نمودارها توسط نرم افزار Excel 2013 انجام گرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع دانهال

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و خشکی بر ارتفاع دانهال‌های خرنوب در سطح ۱٪ آزمون دانکن معنی‌دار شد. با افزایش تنش شوری و دور آبیاری ارتفاع دانهال نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد به‌طوری که بیشترین کاهش ارتفاع در دور آبیاری ۱۵ روز (شکل ۱ الف) و در سطح شوری ۱۶۰ میلی مولار (شکل ۱ ب) مشاهده شد.

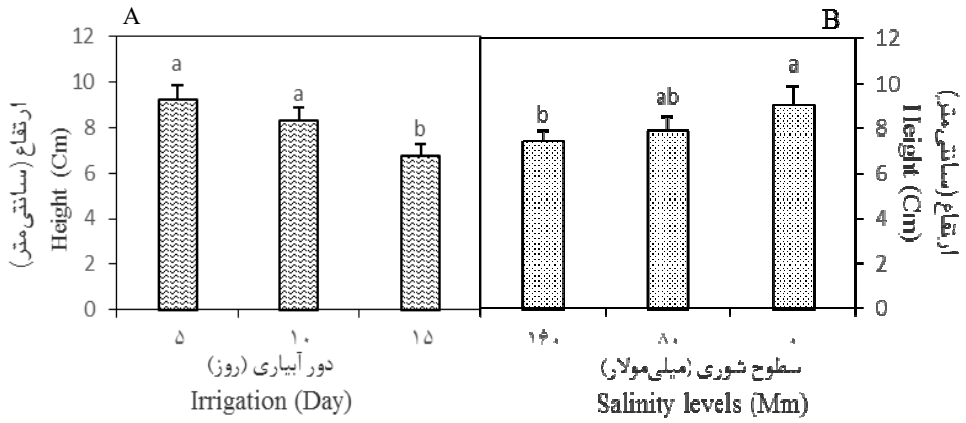

Fig. 1. Effect of different salinity levels and irrigation intervals on stem height of carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل ۱- تاثیر سطح‌های مختلف شوری و دور آبیاری بر ارتفاع دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

قطر ساقه، شمار برگ

قطر ساقه و شمار برگ زیر تاثیر برهمکنش خشکی و شوری قرار گرفتند. افزایش دور آبیاری سبب کاهش در قطر ساقه و شمار برگ شد به‌طوری‌که کمترین قطر ساقه و شمار برگ در دور آبیاری ۱۵روز مشاهد شد، اگرچه در دور آبیاری ۱۵ روز بین سطوح شوری ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

سطح برگ

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و خشکی بر سطح برگ دانهال‌های خرنوب در سطح یک درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. با افزایش تنش شوری و دور آبیاری سطح برگ نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد به‌طوری‌که در بالاترین سطح خشکی (۱۵ روز آبیاری) و شوری (۱۶۰ میلی مولار) سطح برگ به‌ترتیب ۵۵/۳۶ درصد و ۷/۹۶ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۲ الف، ب).

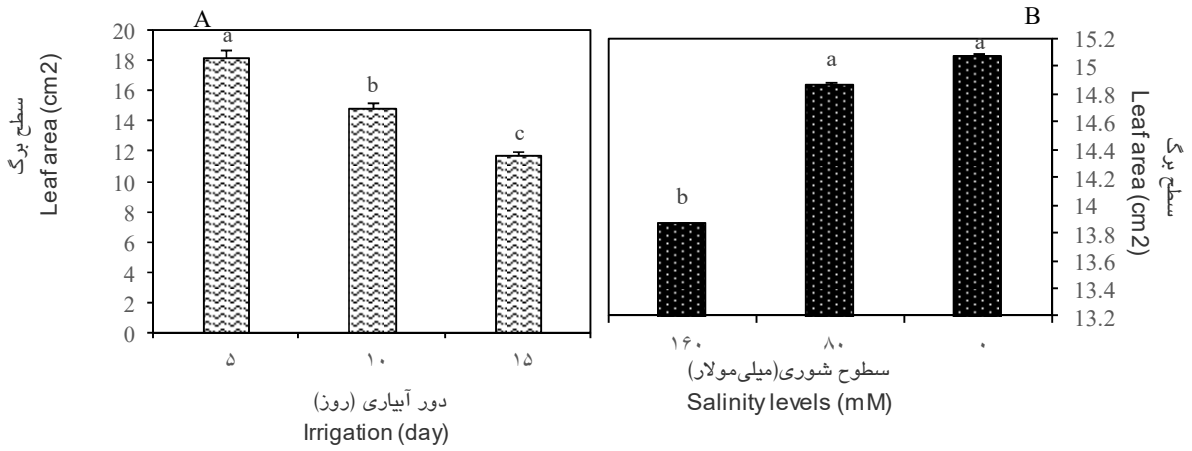

Fig. 2. Effect of salinity levels and irrigation intervals on leaf area of carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل ۲- تاثیر سطح‌های مختلف شوری و دور آبیاری بر سطح برگ دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

طول ریشه

براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، اثر برهمکنش شوری و خشکی بر طول ریشه دانهال‌های خرنوب در سطح یک درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. نتیجه‌ها نشان داد در دور آبیاری ۵ و ۱۰ روز با افزایش شوری آب آبیاری، طول ریشه کاهش داشت، اگرچه بین شاهد و شوری ۸۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در دور آبیاری ۱۵ روز با افزایش شوری طول ریشه افزایش داشت (جدول ۱).

وزن تر و خشک اندام هوایی

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که وزن تر اندام هوایی زیر تاثیر برهمکنش شوری و خشکی قرار گرفت. در سطح شوری صفر میلی‌مولار، با افزایش دور آبیاری، وزن تر اندام هوایی کاهش داشت در صورتی که در دور آبیاری ۱۰ روز بین سطوح شوری ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار و در دور ۱۵ روز بین تمام سطوح شوری تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن تر اندام هوایی مشاهده نشد. کمترین وزن تر اندام هوایی در دور آبیاری ۱۵ روز و سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۱). نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد اثر ساده شوری و خشکی بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. وزن خشک اندام‌هوایی با افزایش دور آبیاری کاهش نشان داد به‌طوری که در دور آبیاری ۱۵ روز وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد ۳۳/۰۴ درصد کاهش داشت (شکل ۳ الف). هم‌چنین در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار، وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد ۴۰/۸۶ درصد کاهش داشت (شکل۳ ب).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

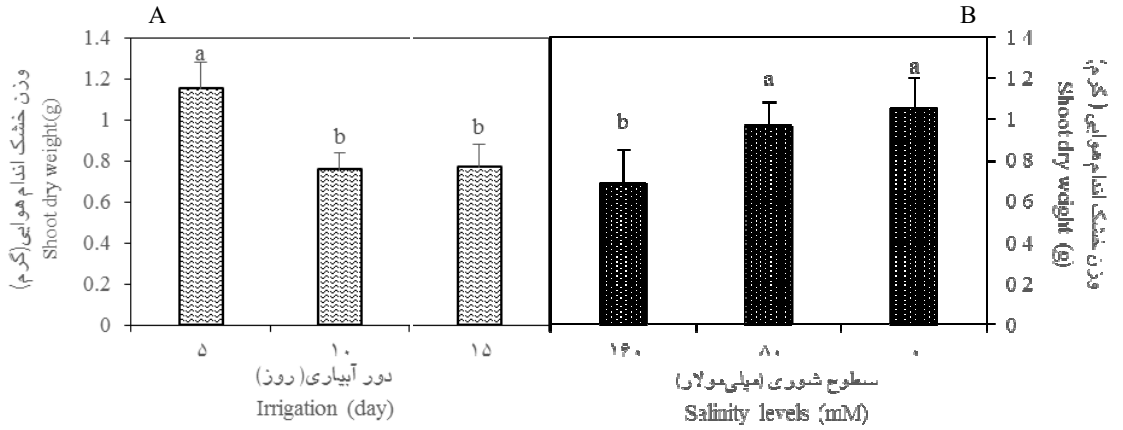

Fig. 3. Effect of salinity levels and irrigation intervals on shoot dry weight of carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل ۳- تاثیر سطح‌های مختلف شوری و دور آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

جدول ۱- اثر بر همکنش دورهای آبیاری و سطح‌های تنش شوری بر شاخص‌های رشدی دانهال‌های خرنوب.

Table 1. Interaction effect of salinity levels and irrigation intervals on growth indices of carob seedlings.

دور آبیاری Irrigation period (Day)	سطح شوری Salinity level (mM)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	شمار برگ Number of leaves	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight (g)	وزن‌تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	طول ریشه Root length (cm)
5	0	3.96±0.390 a	13±0.5 a	5.93±0.25a	1.99±0.19 a	0.36±0.005 bc	16.75±0.75 a
	80	3.56±0.610 b	10.44±0.29 bc	2.42±0.66 b	1.2±0.12 b	0.32±0.017 bc	14.41±0.44 abc
	160	2.47±0.290 bc	9±0 de	1.69±0.020 bc	1.09±0.16 bc	0.3±0.01c	13.16±0.5 bcd
10	0	3.11±0/36 cd	10.16±0.5 de	2.36±0.17 b	1.36±0.15 ab	0.28±0.016 bc	12.83±0.62 bcd
	80	2.88±0.20 de	7.83±0.5 d	1.22±0.057 bc	1±0.11 bc	0.33±0.02 bc	12.5±0.5 cd
	160	2.52±0.13 ef	7.99±0.33 de	1.37±0.27 bc	1.35±0.13 ab	0.5±0.015 a	11.17±0.5 d
15	0	2.48±0.39 f	8.11±0.22 de	1.07±0.97c	0.65±0.04 c	0.14±0.01d	11.0.16 cd
	80	2.63±0.37de	8.66±0 de	1.75±0.56 bc	1.24±0.122 b	0.36±0.017 ab	13.5±0.88 a-b
	160	2.6±0.11ef	9.16±0.5 cd	1.13±0.13 c	1.03±0.13 bc	0.44±0.015 ab	15.75±0.25 ab

†Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

† میانگین‌ها با یک حرف مشترک در هر ستون، دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

وزن تر و خشک ریشه

براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، برهمکنش خشکی و شوری بر وزن تر و خشک ریشه تاثیر معنی‌داری داشت. در دور آبیاری ۱۰ روز، بین سطوح شوری، از لحاظ وزن تر ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که در دور آبیاری ۱۵ روز، با افزایش شوری از صفر به ۸۰ میلی‌مولار وزن تر ریشه افزایش نشان داد. نتیجه‌ها هم‌چنین نشان‌داد در شرایط بدون تنش شوری (شوری صفر میلی‌مولار)، با افزایش دور آبیاری به ۱۵ روز، وزن خشک ریشه کاهش داشت، درحالی‌که در همین دور آبیاری تفاوت معنی‌داری بین سطوح شوری از لحاظ وزن خشک ریشه مشاهده نشد (جدول ۱).

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده، تنش‌های خشکی و شوری باعث کاهش پارامترهای رویشی همچون ارتفاع، قطر ساقه، سطح برگ، شمار برگ و وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه در دانهال‌های خرنوب شدند. رشد گیاهان از راه تقسیم یاخته‌ای، بزرگ شدن یاخته‌ای و تمایز یاخته‌ای انجام می‌شود که عوامل ژنتیکی و محیطی بر آن تاثیرگذار می‌باشند. سازوکار احتمالی کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش جذب آب و به‌دنبال آن کاهش محتوای آب بافت می‌باشد که

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

منجر به کاهش فشار تورژسانس و به‌دنبال آن اختلال در تقسیم و انبساط یاخته‌ای می‌شود که این عوامل باعث کاهش ارتفاع بوته و رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شود (۱۹).

پژوهشگران گزارش کرده‌اند که کاهش رشد گیاهان زیر شرایط تنش شوری و خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش تقسیم و گسترش یاخته‌ای و یا حتی مرگ یاخته‌ای باشد (۴). هم‌چنین گزارش شده است که کاهش سطح برگ در شرایط تنش می‌تواند به‌دلیل زیر تاثیر قرار گرفتن سیستم فتوسنتزی گیاهان، تغییر در هدایت روزنه‌ای و رنگیزه‌های فتوسنتزی، عدم تعادل ماده‌های معدنی و اختلال در جذب و انتقال یون‌ها مثل پتاسیم و کلسیم باشد. یکی از فاکتورهای اصلی در میزان جذب آب طول سیستم ریشه‌ای می‌باشد. سیستم ریشه‌ای گسترده برای بهره‌برداری وسیع‌تر ریشه از خاک و به‌دنبال آن افزایش جذب آب و عنصرهای غذایی، برای گیاه حائز اهمیت است (۱۶). نسبت ریشه به ساقه بالاتر در شرایط تنش شوری می‌تواند موجب محبوس شدن یون‌های سمی در ریشه شده و از انتقال آن‌ها به قسمت‌های هوایی گیاه جلوگیری کند که این به‌عنوان یکی از سازوکارهای تحمل به شوری در گیاهان مطرح می‌شود. در پژوهش حاضر وزن تر و خشک اندام‌هوایی و ریشه به‌دلیل تنش شوری و خشکی کاهش یافت که آن را می‌توان به کاهش فتوسنتز ناشی از کاهش جذب آب و عنصرهای غذایی نسبت داد (۲۷). هم‌چنین کاهش رشد دانهال‌های خرنوب در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار را می‌توان به مصرف انرژی برای خروج یون‌های سدیم از محیط ریشه نسبت داد.

فراسنجه‌های فتوسنتزی

فلورسانس کلروفیل

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فلورسانس کلروفیل نشان داد که برهمکنش شوری و خشکی بر میزان فلورسانس کلروفیل معنی‌دار بود. نتیجه‌ها نشان داد که کمترین مقدار Fv/Fm در دور آبیاری ۱۵ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). تغییر در فلورسانس متغیر نشان‌دهنده اختلال در فعالیت‌های فتوشیمیایی فتوسنتز است که سبب تغییر در نسبت Fv/Fm می‌شود. در اثر تنش، روزنه‌ها بسته و دسترسی به دی‌اکسیدکربن در کلروپلاست محدود می‌شود، در نتیجه آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن کاهش پیدا می‌کند که به‌دنبال آن نسبت دی‌اکسیدکربن به اکسیژن کم شده و تنفس نوری زیاد می‌شود. در این شرایط به پروتئین D1 که در ارتباط با مرکز واکنش فتوسیستم دو است خسارت وارد می‌شود (۱۵).

کلروفیل a و b و کارتنوئید

اثر ساده خشکی و شوری بر میزان کلروفیل a و b، هم‌چنین اثر ساده تنش خشکی بر میزان کارتنوئید برگ معنی‌دار شد. نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش دور آبیاری و سطح شوری، میزان کلروفیل a و b کاهش یافت به‌طوری که میزان کلروفیل a در دور آبیاری ۱۵ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ۲۶/۰۸ و ۱۹/۵۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (شکل ۴ الف، ب). هم‌چنین، کلروفیل b در بالاترین دور آبیاری و سطح شوری به‌ترتیب ۳۰/۷۶ و ۱۸/۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (شکل ۴ س، د). کارتنوئید برگ با افزایش سطوح خشکی کاهش پیدا کرد، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز مشاهده نشد.

کلروفیل کل

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برهمکنش شوری و خشکی بر میزان کلروفیل کل در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شوری صفر میلی‌مولار با افزایش دور آبیاری، کلروفیل کل تحت تاثیر دور آبیاری واقع نشد. هم‌چنین در دور آبیاری ۱۵ روز، سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۵۴/۵۴ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد شد (جدول۲).

میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (۱۸). به‌نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل زیر تنش خشکی به‌علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد. کاهش فعالیت فتوسیستم ۲، کاهش فعالیت آنزیم روبیکسو و مهار سنتز ATP باعث می‌شود تا اکسیژن به‌عنوان یک پذیرنده جانشین الکترون‌های اضافی فتوسنتز شود و سبب افزایش اکسیژن آزاد در کلروپلاست‌ها گردد که باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌شود (۲۶). کاهش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

کاروتنوئید در این پژوهش می‌تواند به‌علت اکسید شدن کاروتنوئید توسط گونه‌های فعال اکسیژن و صدمه دیدن ساختار ترکیبی آن باشد (۱). اعمال تنش رطوبتی با اثر روی میزان رنگیزه‌های برگ دانهال‌های خرنوب باعث کاهش معنی‌دار در میزان کلروفیل شده است. این نتیجه‌ها با گزارش سایر پژوهشگران همخوانی دارد (۱۳، ۸، ۷، ۳).

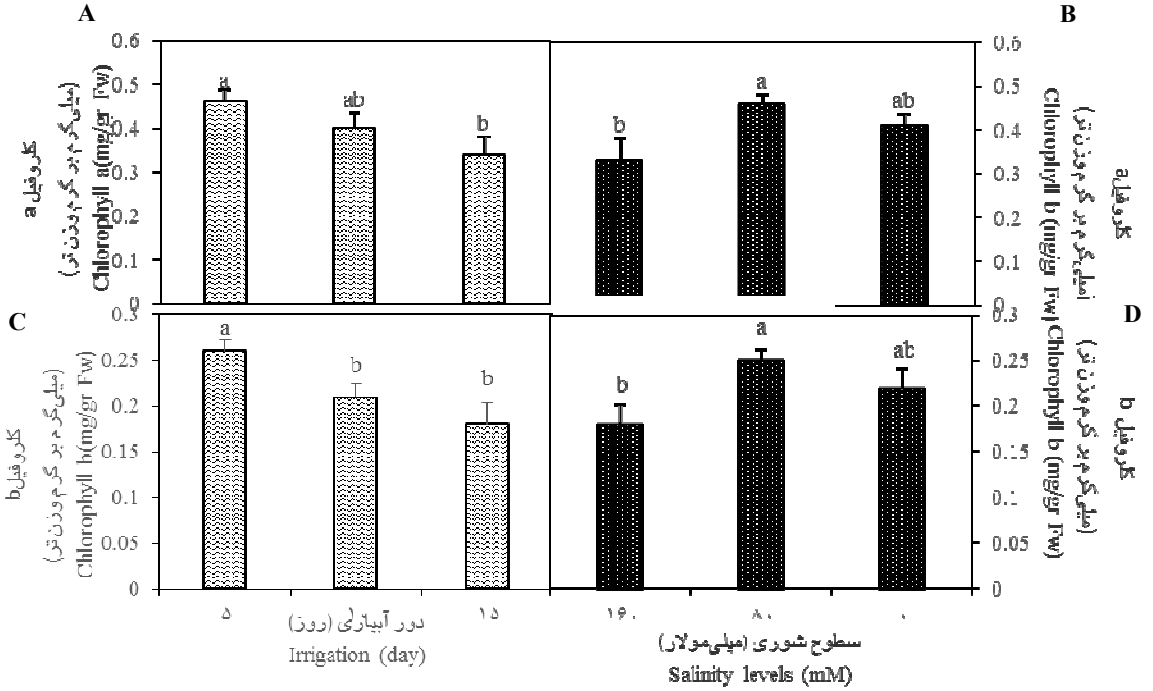

Fig 4. Effect of salinity levels and irrigation intervals on the content of chlorophyll a and chlorophyll b in carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل ۴- تاثیر سطح‌های مختلف شوری و دور آبیاری بر کلرفیل a و b دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن نمی‌باشند.

محتوای نسبی آب برگ

با توجه به نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، برهمکنش شوری و خشکی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش دور آبیاری و سطوح شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت، به‌طوری‌که کمترین محتوای نسبی آب برگ در دور آبیاری ۱۵ روز در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار و در دور آبیاری ۱۰ روز در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول۲). دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ را می‌توان به کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و یا افزایش تعرق مرتبط دانست. نتیجه‌های بالا با یافته‌های Abbas و همکاران (۸) و اورعی و همکاران (۲) مبنی بر کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش همخوانی داشت.

کربوهیدرات محلول

با توجه به نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، برهمکنش شوری و خشکی بر میزان کربوهیدرات محلول و پرولین برگ دانهال‌های خرنوب در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار گردید. در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز با افزایش سطح شوری میزان کربوهیدرات محلول برگ افزایش یافت به‌طوری‌که بالاترین میزان کربوهیدرات محلول برگ در دور آبیاری ۱۰ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. نتیجه‌های این پژوهش در راستای یافته‌های دیگر پژوهش‌های انجام شده روی دیگر گیاهان می‌باشد (۱۹، ۳۶). افزایش شوری در دور آبیاری ۵ و ۱۵ روز تاثیر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ نداشت، به‌گونه‌ای که تفاوت معنی‌دار بین سطوح شوری ۸۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده نشد. در دور آبیاری ۱۰ روز، با افزایش شوری میزان پرولین

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

برگ افزایش یافت (جدول ۲). علت افزایش قندهای محلول طی افزایش دور آبیاری به‌دلیل تجزیه نشاسته و کاهش انتقال قندها از برگ به محل مصرف می‌باشد (۲۳). دلایل افزایش پرولین به احتمال به‌دلیل سازوکار تحملی دانهال‌های خرنوب به رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن باشد که این سازوکار پیشتر در دیگر گیاهان گزارش شده است (۲۴).

جدول ۲- بر همکنش دور آبیاری و تنش شوری بر فراسنجه‌های اکو فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی دانهال‌های خرنوب.

Table 2. Interaction of irrigation intervals and salinity stress on ecophysiological and biochemical parameters of carob seedlings.

دور آبیاری Irrigation period (Day)	سطح شوری Salinity level (mM)	قندهای محلول Soluble sugars (mg g^{-1} FW)	پرولین Proline (mg g^{-1} FW)	*Fv/Fm*	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW)	محتوای آب نسبی برگ RWC (%)
0	0	1.61±0.031c	0.64±0.026 d	0.78±0.05 a	0.77±0.5 a	73.62±0.015 a
	80	1.3±0.2 d	0.72±0.03 cd	0.74±0.008 ab	0.69±0.062 a	60.83±0.0072 bc
	160	1.41±0.2 cd	0.72±0.03 cd	0.64±0.02e	0.62±0.034 a	63.94±0.011abc
10	0	1.47±0.1 cd	0.64±0.33 d	0.73±0.01cd	0.58±0.023 a	69.21±0.019 ab
	80	1.99±0.023 b	0.72±0.24 cd	0.72±0.006 cd	0.68±0.022 a	62.93±0.005 abc
	160	2.52±0.2 a	1.18±0.03 a	1.18±0.03a	0.7±0.005 d	53.51±0.0016 c
15	0	1.61±0.017 c	0.18±0.03 a	0.81±0.009 bcd	0.71±0.02 d	54.02±0.009 c
	80	1.52±0.23 c	1.04±0.042 abc	1.04±0.042 abc	0.62±0.02 e	54.02±0.009 c
	160	1.52±0.2 bc	0.96±0.03 abc	0.96±0.03 abc	0.54±0.024 f	59.01±0.015 bc

† Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

† میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

منیزیم

با توجه به جدول تجزیه واریانس، منیزیم اندام هوایی و ریشه زیر تاثیر خشکی قرار گرفت. با افزایش دور آبیاری مقدار منیزیم اندام هوایی و ریشه روند کاهشی داشت. اگر چه تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰ و ۱۵ روز آبیاری مشاهده نشد (شکل ۵ الف، ب). کاهش جذب عنصر منیزیم را می‌توان به کاهش حلالیت منیزیم در خاک به دلیل تنش خشکی و هم‌چنین کاهش جذب آن به‌دلیل کاهش رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه نسبت داد (۲۵).

کلسیم

براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، غلظت کلسیم اندام هوایی زیر تاثیر برهمکنش شوری و خشکی معنی‌دار شد. در شوری صفر میلی‌مولار، با افزایش دور آبیاری غلظت کلسیم اندام هوایی تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت. در دور آبیاری ۱۰ روز با افزایش شوری میزان غلظت کلسیم افزایش پیدا کرد، به‌طوری که بیشترین مقدار کلسیم در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهد شد. در دور آبیاری ۱۵ روز با افزایش شوری میزان کلسیم اندام هوایی افزایش یافت، اگر چه این افزایش معنی دار نبود (جدول ۳). کلسیم ریشه زیر تاثیر تیمار خشکی قرار گرفت. با افزایش دور آبیاری مقدار کلسیم روند افزایشی نشان داد. اگر چه تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰ و ۱۵ روز آبیاری مشاهده نشد (شکل۶). تنش خشکی باعث تنش اسمزی شدید و افزایش کلسیم سیتوپلاسمی می‌شود که به‌عنوان یک سیگنال درک کننده تنش ایفای نقش می‌کند. با ساخت و انتقال اسید آبسایزیک به برگ ناشی از تنش، کانال‌های کلسیمی در یاخته‌های محافظ روزنه فعال و روزنه‌ها بسته می‌شوند (۹). میزان کلسیم اندام هوایی در دور آبیاری ۱۵ روز با شوری ۱۶۰ میلی‌مولار نسبت به دور آبیاری ۱۰ روز با همین سطح شوری کاهش داشت که علت آن کاهش فشار ریشه‌ای ناشی از کاهش تعرق گیاه است که به‌عنوان سازوکار اصلی حرکت کلسیم در گیاه بیان شده است. هم‌چنین پژوهشگران گزارش کرده‌اند علت کاهش جذب کلسیم در محیط شور بر اثر زیاد شدن نسبت سدیم به کلسیم می‌باشد که در این شرایط سدیم جایگزین کلسیم می‌شود (۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

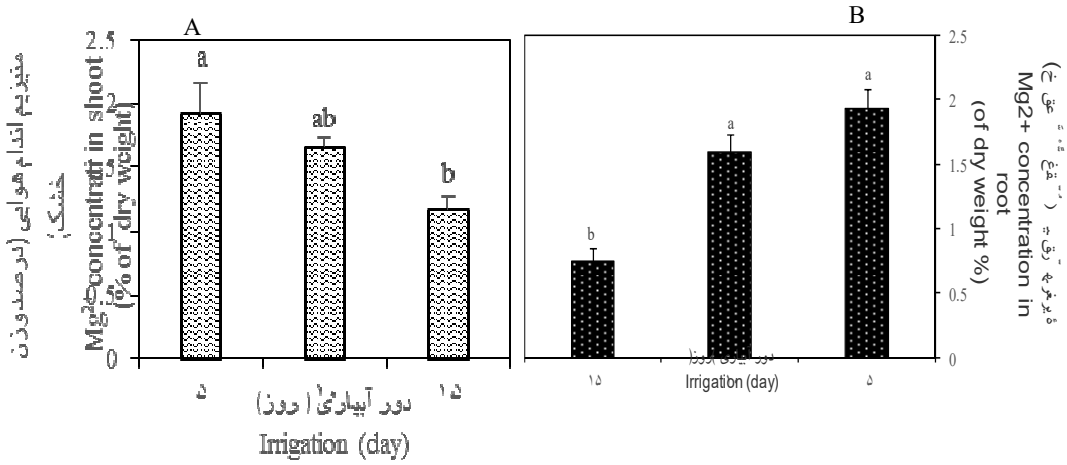

Fig 5. Effect of different salinity levels and irrigation intervals on Mg concentration in roots and shoots of carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل ۵- تاثیر سطح‌های مختلف شوری و دور آبیاری بر غلظت منیزم ریشه و شاخساره دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

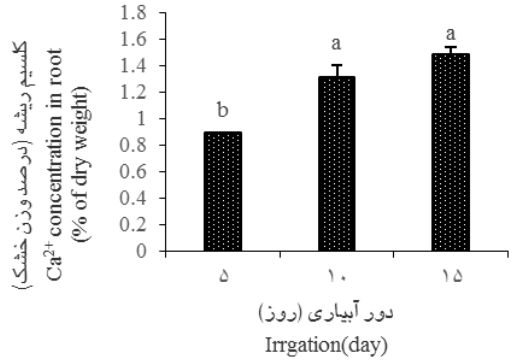

Fig. 6. Effect of irrigation intervals on Ca concentration of root in carob seedlings. Similar letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

شکل۶- تاثیر دور آبیاری بر غلظت کلسیم ریشه دانهال‌های خرنوب. میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند

سدیم

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه در برهمکنش شوری و خشکی در سطح یک درصد آزمون دانکن معنی‌دار گردید. در دور آبیاری ۵ روز با افزایش شوری غلظت سدیم اندام هوایی تغییر معنی‌داری نداشت در صورتی‌که در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز با افزایش شوری غلظت سدیم اندام هوایی افزایش داشت. در هر سه دور آبیاری با افزایش شوری، غلظت سدیم ریشه افزایش یافت به‌طوری که بالاترین غلظت سدیم ریشه در هر سه دور آبیاری در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. بالاترین غلظت سدیم ریشه در دور آبیاری ۱۵ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۳).

در پژوهش حاضر با افزایش دور آبیاری میزان سدیم اندام هوایی تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت، اما در ریشه با افزایش دور آبیاری میزان سدیم افزایش یافت. افزایش سدیم شاید به‌خاطر انباشت نمک در خاک و شستشوی کمتر آن در دور آبیاری ۱۵ روز باشد. با افزایش تنش شوری، میزان سدیم در ریشه و اندام هوایی دانهال‌های خرنوب افزایش پیدا کرد اگرچه میزان سدیم

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود که نشان‌دهنده توانایی ریشه دانهال‌های خرنوب در محدود نمودن جذب و انتقال یون‌های سدیم از ریشه به بخش هوایی است (۱۷). پیش‌از این گزارش شده است که محدود شدن انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی یکی از سازوکارهای تحمل به تنش شوری در گیاهان است. براساس این پژوهش می‌توان بیان کرد که یکی از سازوکارهای تحمل به خشکی و شوری در خرنوب، تعدیل اسمزی از راه افزایش غلظت یون‌ها در واکوئل و جلوگیری از انتقال سدیم به اندام هوایی است.

پتاسیم

براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس، برهمکنش شوری و خشکی بر مقدار پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار بود. در دور آبیاری ۵ روز، با افزایش شوری مقدار پتاسیم اندام هوایی افزایش یافت در صورتی‌که در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز تفاوت معنی‌داری بین سطوح شوری از لحاظ پتاسیم اندام هوایی مشاهده نشد. بیشترین مقدار پتاسیم در دور آبیاری ۱۰ روز و شوری ۱۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول۳). پژوهش حاضر همسوی یافته‌های دیگر پژوهشگران (۵، ۹) مبنی بر افزایش جذب پتاسیم با کمبود آب، می‌باشد. در شرایط تنش خشکی انباشت فراوان پتاسیم در بافت‌ها نقش مهمی در جذب آب توسط گیاه دارد. به‌طور کلی، پتاسیم گیاه در پاسخ به کمبود آب خاک انباشت پیدا می‌کند (۱۴). علت این امر را سازوکار جذب فعال این یون بیان کرده‌اند. در هنگام تنش خشکی گیاه جهت افزایش مقاومت به خشکی برخلاف پدیده انتشار، با مصرف انرژی غلظت یون؟ K^+ را در ریشه و اندام هوایی بالا می‌برد. افزایش جذب پتاسیم سبب افزایش جذب آب و به‌دنبال آن افزایش فتوسنتز و در پایان، افزایش رشد می‌گردد. هم‌چنین، تقویت ساخت NADPH وATP و کاهش تعرق و افزایش سرعت انتقال ماده‌های فتوسنتزی از موارد دیگری است که به پتاسیم ارتباط داده می‌شود.

جدول ۳- بر همکنش دور آبیاری و تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی اندام هوایی و ریشه دانهال‌های خرنوب.

Table 3. Interaction of salinity and irrigation intervals on nutrients concentration of shoots and root in carob seedlings.

دور آبیاری Irrigation period (Day)	شوری Salinity level (mM)	سدیم اندام هوایی Na concentration of shoot (% DW)	سدیم ریشه Na concentration of root (% DW)	پتاسیم اندام هوایی K concentration of shoot (% DW)	کلسیم اندام هوایی Ca concentration of shoot (% DW)
5	0	0.16±0.038 e	0.36±0.04 e	1.11±0.18 cd	0.84±0.038 c
	80	0.017±0.016 e	0.63±0.017 e	0.6±0.094 d	1.18±0.01 bc
	160	0.25±0.011e	0.96±0.02 cd	3.06±0.052 ab	1.16±0.05 bc
10	0	0.15±0.04 e	0.43±0.02 cd	1.38±0.061 cd	0.79±0.012 c
	80	0.56±0.008 c	1.20±0.008 c	2.12±0.053 cd	1.17±0.04 bc
	160	0.59±0.022 c	1.73±0.08 b	3.93±0.051 abc	1.96±0.022 a
15	0	0.19±0.008 d	0.80±0.044 cde	2.64±0.069 cd	1.04±0.018 c
	80	0.60±0.01 b	2.51±0.05 a	1.58±0.07cd	1.32±0.02 bc
	160	0.72±0.032 a	2.75±0.03 a	1.20±0.08 cd	1.32±0.02 bc

† Mean values with similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan multiply range test.

† میانگین‌ها با یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

نتیجه‌گیری

رشد گیاهان پدیده‌ای است که زیر تاثیر عوامل محیطی مختلف قرار می‌گیرد و اولین اثرهای تنش‌های محیطی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بروز می‌کند. بر اساس این پژوهش مشخص شد که دانهال‌های خرنوب با به کارگیری راهبردهای متفاوتی از جمله کاهش شاخص‌های رشدی مثل سطح برگ و افزایش طول ریشه و هم‌چنین انباشت ترکیب‌های اسمزی و انباشت سدیم در ریشه و عدم انتقال آن به اندام هوایی و انباشت کلسیم و پتاسیم در برابر تنش خشکی و شوری مقابله

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

می‌کنند. با توجه به نتیجه‌های این پژوهش می‌توان بیان کرد که دانهال‌های خرنوب شوری تا سطح ۸۰ میلی‌مولار و دور آبیاری ۱۰ روز را تحمل می‌کنند.

منابع References

۱. اکبری، ش.، م. کافی، و ش. رضوان‌بیدختی. ۱۳۹۳. اثرات تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۶۶۶- ۶۷۴ :(۴) ۱۴.

۲. اورعی، م.، س.ج. طباطبایی.، ا. فلاحی و ع. ایمانی. ۱۳۹۱. اثرات شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز، غلظت عنصرهای غذایی و سدیم درخت بادام. نشریه علوم باغبانی، ۱۴۰-۱۳۱: ۲۳.

۳. پشنگه، ز. و م. شمیلی. ۱۳۹۷. کاهش اثرات منفی شوری بر شاخص‌های فیزیولوژیک گواوا (*Psidium guajava* L.) با استفاده از اسید جبرلیک. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۹۶- ۸۶ :(۷) ۲۳.

۴. پروین، پ.، م. خضری و ا. توسلیان. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های ریخت شناسی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دانهال گردوی ایرانی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۵-۱ : (۳) ۲۱.

۵. سی‌سخت نژاد، م.، ر. ذوالفقاری و پ. فیاض. ۱۳۹۴. ارزیابی تحمل به خشکی نهال های دو گونه بلوط ایرانی و ویول با استفاده از پارامترهای مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و جذب عنصرهای. مجله علمی - پژوهشی دانشگاه الزهرا (س)، زیست شناسی کاربردی، ۱۵۶-۱۳۷ :(۲) ۳۰.

۶. نامجویان، م. و ح. شجاعی. ۱۳۷۲. بررسی آب و خاک بر روی عمکرد روناس. سازمان پژوهشی‌های علمی و صنعتی ایران. دفتر یزد.۵۶ ص.

۷. مومن‌پور، ع.، د. بخشی.، ع. ایمانی و ح. رضایی. ۱۳۹۳. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه GF677. فنآوری تولیدات گیاهی، ۱۳۷-۱۵۲: (۲) ۱۵.

8- Abbas, G., M. Saqib and J. Akhtar. 2016. Differential response of two acacia to salinity and water stress. Pakistan. J. Agr. Sci. 53: 17-25.

9- Abdul-Majid, S., A. Rehana and M. Ghulam. 2007. Potassium-calcium interrelationship linked to drought tolerance in wheat. Pakistan. J. Bot. 39: 609-1621.

10- Diamantoglou, S. and K. Mitrakos. 1981. Leaf longevity in Mediterranean evergeen sclerophylls. Pp. 17-19 in Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects (N.S. Margaris and H.A. Mooney, eds.). Junk Publishers, The Hague. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60:324-349.

11-Duran-Zuazo V.H., H. Martinez-Raya and J. Aguilar-Ruiz. 2003. Salt tolerance of mango rootstock (*Magnifera indica* L. cv.Osteen). Spanish. J. Agr. Res. 1:67-78.

12- El-asri, A., F. Ait Aguil., A. Douaik and A. Ouazzani Touhami. 2014. Evaluation of the impact of water stree and irrigation on carob tree year seedlings in Northeast of morocco. J. Pure Appl. BioSci. 2: 286-297.

13- El-Kahkahi, R., M. Mouhajir., S. Bachir., A. Lemrhari., R. Zouhair., M. Ait Chitt and R. Errakhi. 2013. Morphological and physiological analysis of salinity stress response of carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. DOI: 10.17311/sciintl.2015.73.81.

14- Fanaei, H.R., M. Galavi., M. Kafi and A. Ghanbari Bonjar. 2009. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. Inter. J. Plant Prod. 3: 41-54.

15- Flexas, J., J. Bota., J.M. Escalona,. B. Escalona and H. Medrano. 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations, Fun. Plant Bio: 29: 461-471.

16- Ganjali, A., A. Kafi., A. Bagheri and F. Shahriyari. 2005. Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian J. Agr. Sci. 3: 103-122.

17- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. J. Plant Physiol. 31: 149-190.

18- Gusegnova, I.M., S. Suleymanov and J.A. Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. Biochem.71: 223-228.

19- Hessini, K., M. Ghandour., A.A. Albouchi., H.W. Soltani Koyro and C. Abdelly. 2008. Biomass production, photosynthesis, and leaf water relations of *Spartina alterniflora* under moderate water stress. J. Plant Sci. Res. 121: 311-318.

21- Hopkins, W.G. and N.P.A. Huner. 2009. Introduction to plant physiology, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, pp.503.

22- Irigoyen, .J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changing concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medcago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 67-72.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

23- Kameli, A. and D.M. Losel. 1995. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. J. Plant Physiol. 145: 363-366.
24- Kavi Kishor, P.B., S. Sangam., R.N. Amrutha., P.S. Laxmi., K.R. Naidu., K.R.S.S. Rao., S. Rao., K.J. Reddy., P. Theriappan, and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Cur Sci. 88: 424-438.
25- Kumar, D., M.A. Hassan., M.A. Naranjo., V. Agrawal., M. Boscaiu and O. Vicenten. 2017. Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). PLoS ONE 12: e0185017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185017.
26- Lawlor, D.W. and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, cell Envir. 25: 275-294.
27- Lebon, E., A. Pellegrino., G. Louarn and J. Lecoeur. 2006. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. An. Bot. 98: 175–185.
28- Perez-Perez, J.G., Robles, J.M., Tovr, J.C., and Boti, P. 2009. Response to drought and salt stress of lemon 'Fino 49' under field conditions: Water relations, osmotic adjustment and gas exchange. Sci Hort. 122: 83–90.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21 (1): 95 - 106 (2020)

Effect of Salinity and Drought Stresses on Growth and Eco physiological Parameters in Carob Seedlings (C*eratonia siliqua* L.)

Z. Damani, H.R, Karimi*, A.A. Mohammadi Mirik and M. Esmaelizadeh[1]

In order to evaluate the tolerance of carob seedlings to drought and salinity stresses based on growth and ecophysiological indices, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications. Factors included drought at 3 levels (5, 10 and 15 days irrigation intervals) and 3 salinity levels (0, 80 and 160 mM NaCl). The results showed that drought and salinity stresses reduced the vegetative indices of carob seedlings so that the lowest vegetative indices were observed in 15 days irrigation interval and 160 mM NaCl. The shoot fresh and dry weight decreased with increasing salinity and drought intensity. The highest shoot fresh and dry weight were recorded in control plants and the lowest shoot fresh and dry weight were recorded in plants treated with 160 mM NaCl and 15 days irrigation interval. The results of this study also showed that relative water content of leave decreased in plants treated with 10 days irrigation interval with increasing salinity levels while there was no significant difference between salinity levels in 15 irrigation intervals. The results also showed that the concentration of Na in root and shoot was increased with increasing salinity and drought stresses so that the highest concentrations of Na in shoots and roots were observed in plants treated with 15 days irrigation interval and 160 mM NaCl. According to the results of this study, it can be concluded that carob seedlings can tolerate 10 days of irrigation and 80 mM salinity.

Keywords: Carob tree, Chlorophyll, Stress, RWC.

1. M.Sc. Student, Professor, Department of Horticultural Science, Assistant Professor of Department of Genetics and Crop Production, and Associate Professor of Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr Uuniversity of Rafsanjan, Iran, respectively

* Corresponding author, Email: (hrkarimi2017@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.1.7]