



University of Tehran

Effects of light, irrigation regimes and pericarp removal on grey mangrove seedling physiological characteristics

Seyedeh Afsaneh Mohebi¹ | Marzieh Rezai² | Maryam Moslehi^{3*}

1. Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran. Email: af.mohebbi@gmail.com

2. Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran. Email: m.rezai@hormozgan.ac.ir

3. Corresponding Author, Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandarabass, Iran. Email: m.moslehi@areeo.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 06 April 2023
Revised 10 June 2023
Accepted 26 July 2023
Published online 14 September 2023

Keywords:
Carotenoid,
Chlorophyll,
Mangrove forest,
Propagule,
Treatment.

ABSTRACT

The production of seedlings with no stress is the first step in the nursery. Hence, the effects of pericarp removal, irrigation treatments, light, and their interaction on the physiological characteristics of grey mangrove seedlings were investigated in the nursery (Hormozgan province- Sirik Port). The aim of this study was to investigate the content of chlorophyll (a and b) and carotenoids in the leaves of grey mangrove seedlings using pericarp removal treatments (manual, fresh water, 50% seawater, 100% seawater), regular irrigations (twice a day, once a day, every other day, and every two days), and light intensities (100, 75, 50, 25, and zero percent). The analysis was performed using the GLM test. Based on the results, applying different treatments of pericarp removal, irrigation, and light treatments led to significant changes in physiological parameters (chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids) ($p < 0.01$). Removing the pericarp using fresh water and 50% seawater, irrigation regimes (twice a day and once a day), and light intensities (50 and 75%) caused the highest amount of chlorophyll content in seedlings. Furthermore, the highest amounts of carotenoids were observed in the 100% seawater treatment for pericarp removal, absence of light (0% light), and every two days irrigation treatment. In addition, the interaction effects (light \times pericarp) indicated that carotenoids had the highest amount in the absence of light and pericarp removal using 100% seawater. Additionally, grey mangrove seedlings under moderate light, pericarp removal using 50% seawater, and once or twice a day irrigation treatments provide appropriate conditions for their activities. Therefore, it is recommended to use the above results in the production of grey mangrove seedlings in the nursery.

Cite this article: Mohebi, S.A., Rezai, M. Moslehi, M. (2023). Effects of light, irrigation regimes and pericarp removal on grey mangrove seedling physiological characteristics. *Journal of Forest and Wood Products*, 76 (2), 181-190. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwpp.2023.357461.1246>



© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwpp.2023.357461.1246>



دانشگاه تهران

نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: <https://jfwp.ut.ac.ir>

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۰۵۳۰

تأثیر نور، رژیم آبیاری و نحوه جداسازی پریکارپ بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا

سیده افسانه محبی^۱ | مرضیه رضایی^۲ | مریم مصلحی^{۳*}

۱. مهندسی منابع طبیعی، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: af.mohebbai@gmail.com

۲. گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.rezai@hormozgan.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: m.moslehi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳

تولید نهال در نهالستان، بدون تنش، از گام‌های اولیه تولید نهال استاندارد است؛ از این‌رو، اثرات حذف پریکارپ، رژیم‌های آبیاری، نور و اثرات متقابل آن‌ها بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh در نهالستان (استان هرمزگان، بندر سیریک) مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور، تیمارهای حذف پریکارپ (دستی، آب شیرین، ۵۰ و ۱۰۰ درصد آب دریا)، آبیاری منظم (یک بار و دوبار در روز، یک روز و دو روز در میان) و شدت نور (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد) بر پروپاگول‌های جمع‌آوری شده اعمال و محتوای کلروفیل (a و b) و کاروتنوئید برگ‌های نهال حرا اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از آزمون GLM انجام شد. براساس نتایج، اعمال تیمارهای مختلف حذف پریکارپ، آبیاری و نور سبب تغییرات معنی‌داری در مشخصه‌های فیزیولوژیک (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید) شد ($P < 0.01$). حذف پریکارپ با استفاده از آب شیرین و ۵۰ درصد آب دریا، رژیم آبیاری دوبار در روز، یک‌بار در روز و شدت نور ۵۰ و ۷۵ درصد، منجر به تولید بیشترین مقدار محتوای کلروفیل در نهال‌ها شد. بیشترین مقادیر کاروتنوئید نیز در تیمار ۱۰۰ درصد آب دریا جهت حذف پریکارپ، نور صفر درصد و آبیاری دو روز در میان ثبت شد. بررسی اثرات متقابل (نور×پریکارپ) نشان داد کاروتنوئید در نور صفر و جداسازی با ۱۰۰ درصد آب دریا بیشترین مقدار را دارد. بر اساس نتایج، نهال‌های حرا در نور متوسط، جداسازی پریکارپ با آب ۵۰ درصد دریا و آبیاری یک و دو بار در روز بهترین شرایط فعالیت فیزیولوژیک و تولید را دارند بنابراین توصیه می‌شود از نتایج فوق، در تولید نهال حرا در نهالستان استفاده شود.

کلیدواژه:

پروپاگول

تیمار

جنگل مانگرو

کاروتنوئید

کلروفیل

استناد: محبی، سیده افسانه؛ رضایی، مرضیه؛ مصلحی، مریم (۱۴۰۲). تأثیر نور، رژیم آبیاری و نحوه جداسازی پریکارپ بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۶ (۲)، ۱۹۰-۱۸۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwp.2023.357461.1246>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwp.2023.357461.1246>



۱. مقدمه

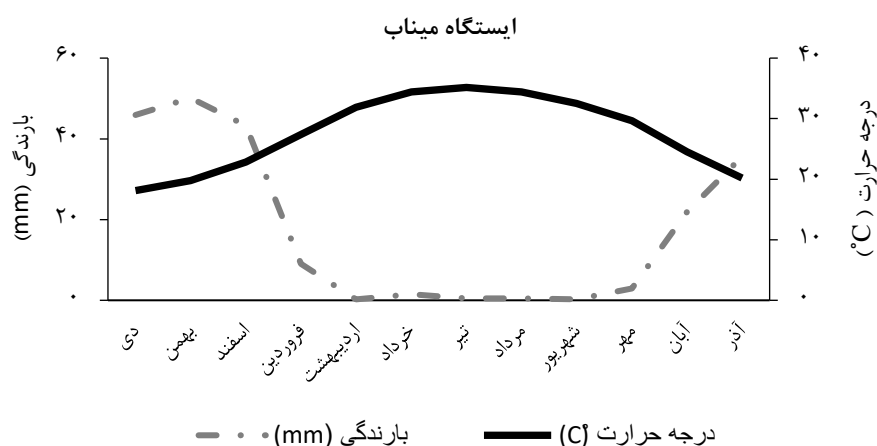
جنگل‌های مانگرو به‌عنوان بوم‌سازگان‌های غنی، متنوع و پیچیده، خدماتی از جمله حفاظت در برابر سیل، تولید مواد مغذی، کنترل رسوب، پناهگاه موقت و دائمی برای گونه‌های بارزش را ارائه داده و توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد به‌عنوان بوم‌سازگان‌هایی با اهمیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به رسمیت شناخته شده‌اند [۱]. با توجه به روند تخریب جنگل‌های مانگرو، حفظ و احیای آن‌ها به‌منظور توسعه این اکوسیستم‌های خاص ماندابی، در عصر حاضر بیش از پیش مورد نیاز است. بنابراین تولید نهال‌های استاندارد می‌تواند به‌عنوان یک گام مؤثر در حفاظت از این بوم‌سازگان‌ها باشد. به‌منظور تولید نهال مناسب، کنترل برخی مکانیسم‌ها، از جمله جوانه‌زنی بذر ضروری است. یکی از فاکتورهای کنترل‌کننده جوانه‌زنی در پروپاگول‌های حرا^۱، حذف پریکارپ است. پریکارپ حاوی موادی است که با جلوگیری از نفوذ آب و تبادل گازی رشد جنین را محدود کرده و بر روی جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه تأثیر می‌گذارد [۲]. گاهی پس از استقرار نهال، تنش‌های ناشی از عوامل محیطی (شوری، خشکی و اختلال نور)، نحوه فعالیت آینده گیاه و توان اکولوژیک رویشگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌دنبال این تنش‌ها، فرآیند فتوسنتز و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید مختل، رشد آن متوقف و در نهایت منجر به مرگ نهال می‌شود. کلروفیل، رنگدانه فتوسنتزی اولیه در گیاهان است که به تولید انرژی در گیاه کمک می‌کند [۳]. کاروتنوئیدها نیز در اندامک‌های فتوسنتزکننده و غیرفتوسنتزکننده، سنتز شده و نقش قابل توجهی در دفاع آنتی‌اکسیدانی دارند [۴]. فتوسنتز در گونه‌های مانگرو به‌نسبت کلروفیل a/b بستگی دارد و شاخص مناسبی برای تعیین کارایی فتوسنتزی سیستم این گونه‌ها است. Naidoo و همکاران (۲۰۰۲) نیز اثر تیمارهای مختلف حذف پریکارپ با استفاده از غلظت‌های مختلف شوری را بر گونه حرا معنی‌دار یافتند [۵]. Lopez-Hoffman و همکاران (۲۰۰۶) رشد، زنده‌مانی و فتوسنتز نهال‌های مانگرو تحت تأثیر شوری و نور را بررسی و گزارش کردند که نور و شوری بر روی فتوسنتز و رویش تأثیر گذاشته و منجر به افزایش نرخ زنده‌مانی در نور زیاد و شوری کم می‌شود [۶]. Zhu و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر شدت‌های مختلف نوری بر رشد گونه‌های بومی مانگرو *Avicennia marina*, *Aegiceras corniculatum* و همچنین گونه غیر بومی *Sonneratia apetala* به مدت ۱۰ ماه در چین، به این نتیجه رسیدند که گونه غیر بومی به‌عنوان بازدارنده رویش گونه بومی عمل کرده است، به‌همین دلیل محتوای کاروتنوئید و ارتفاع نهال گونه‌های بومی در ترکیب با گونه غیر بومی کاهش یافت؛ ولی سطح ویژه برگ و میزان کلروفیل با افزایش همراه بود [۷]. در مناطق جنوبی کشور، عواملی چون خواب بذر، کم‌آبی و نور زیاد به‌عنوان عوامل محدودکننده جهت تولید نهال استاندارد مطرح است. بنابراین مرتفع ساختن این مشکلات می‌تواند گام بزرگی در جهت تسهیل تولید نهال باشد. اگرچه نور محرک اصلی در رویش بذر محسوب می‌شود، اما شدت آن منجر به سوختگی جنین بذر و همچنین کوتاه نمودن دوره آبیاری می‌شود. بنابراین آگاهی از رژیم نوری مناسب، می‌تواند به مدیریت منابع آبی محدود در شرایط خشکسالی جنوب کشور کمک کند. بدین ترتیب با رفع خواب بذر و تسریع جوانه‌زنی، همراه با تعیین شدت نوری و رژیم آبیاری مناسب، بهترین ترکیب تیماری جهت تولید نهال استاندارد و کمک به تجدید حیات حاصل خواهد شد. فرض این پژوهش بر این پایه بود که مشخصه‌های فیزیولوژیک نهال‌ها تحت تأثیر تیمارهای حذف بذر به روش‌های مختلف، رژیم‌های نور و آبیاری و اثر متقابل آن‌ها متفاوت است. بدین منظور، اثرات حذف پریکارپ، رژیم‌های آبیاری، نور و اثرات متقابل آن‌ها بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh در شرایط نهالستان به‌منظور تهیه نهال‌هایی با کیفیت مطلوب و استاندارد برای عرصه‌های جنگلی بررسی شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقه پژوهش

جمع‌آوری پروپاگول‌های درختان حرا در تالاب خورآذینی در استان هرمزگان انجام شد. این تالاب بالغ بر ۸۳۰ هکتار مساحت دارد و در ۳۵ کیلومتری شهر سیریک در استان هرمزگان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این منطقه ۲۶° ۱۸' ۰۳" تا ۲۶° ۲۶' ۲۶" عرض شمالی و ۵۷° ۰۳' ۲۶" تا ۵۷° ۰۶' ۳۱" طول شرقی واقع شده است [۸] (شکل ۱).

^۱ پروپاگول قلبی شکل با راسی گرد و به رنگ سبز بوده که جنین آن توسط یک لایه نازک پریکارپ پوشیده شده است.



شکل ۱. منحنی آمیروترمیک منطقه براساس میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه

۲-۲. روش شناسی پژوهش

۲-۲-۱. جمع آوری و آماده‌سازی پروپاگول‌های حرا

پس از جنگل‌گردشی و انتخاب درخت مادری مناسب (۳۰ اصله درخت) با قطر یقه حدود ۳۵ سانتی‌متر و تاج‌پوشش تقریبی ۸۵ درصد و قطر تاج و ارتفاع بیش از ۲ متر و عدم مشاهده علائم بیماری آفت، پروپاگول‌های حرا (۵۴۰ پروپاگول) جمع‌آوری و به اداره منابع طبیعی سیریک انتقال داده شد. جداسازی پریکارپ از پروپاگول‌های حرا به صورت دستی (شاهد) و خیساندن در سه سطح آب (آب شیرین، ۵۰ درصد آب دریا و ۱۰۰ آب دریا) (فاکتور a) به مدت ۴۸ ساعت صورت گرفت [۹]. ۱۸۰ عدد از پروپاگول‌ها جهت جداسازی دستی پریکارپ در قالب تیمار شاهد، در کیسه‌های نخی در شرایط دمای اتاق قرار گرفت و پس از ۴۸ ساعت، پریکارپ آن‌ها به صورت دستی جدا شد. پس از کاشت بذرها در گلدان‌های پلاستیکی ۱۵×۲۵ سانتی‌متر، هر یک از تیمارها در پنج سطح نوری (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد سایه) (فاکتور b) و چهار سطح رژیم آبیاری به صورت آبیاری دستی (آب پاشی) (دو بار در روز، روزی یک بار، یک روز در میان و دو روز در میان) (فاکتور c) با نه تکرار قرار گرفت. در نهایت، خصوصیات فیزیولوژیک (کلروفیل و کاروتنوئید) نهال‌های ۶ ماهه اندازه‌گیری و ثبت شد.

۲-۲-۲. اندازه‌گیری رنگی‌های فتوسنتزی

اندازه‌گیری رنگی‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b کاروتنوئید با استفاده از روش Arnon (۱۹۶۷) انجام شد [۱۰]. بدین منظور، ۰/۲ گرم از برگ‌های فریز شده انتهای نهال‌ها که با استفاده از نیتروژن مایع با دمای ۸۰- فریز شده بود، با استون ۸۰ درصد مخلوط و پس از صاف کردن، جذب آن‌ها با اسپکتروفوتومتر در طول موج‌های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانومتر خوانش شد و غلظت رنگی‌ها با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳، براساس میکروگرم بر وزن محاسبه شد [۱۱].

$$C_a = 12.25 \times A_{663.2} - 2.79 \times A_{646.8} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$C_b = 21.21 \times A_{646.8} - 5.1 \times A_{663.2} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$C_{X+C} = (1000 \times A_{470} - 1.8 \times C_a - 85.02 \times C_b) / 198 \quad \text{رابطه ۳}$$

۲-۳. روش تحلیل

در این پژوهش از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۶ و اکسل نسخه ۲۰۱۶ به منظور محاسبات آماری و رسم نمودارها استفاده شد. نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌های مدل با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. همچنین خصوصیات فیزیولوژیک

نهال‌ها با استفاده از آنالیز واریانس چندمتغیره (GLM¹) در سطح ۵ درصد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

براساس نتایج حاصل، مقادیر a، b و کاروتنوئید موجود در برگ‌های حرا طی تیمارهای مختلف نور، آبیاری و حذف پریکارپ در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بودند. از سوی دیگر، از میان اثرات متقابل عوامل مختلف، تنها اثرات متقابل نور×پریکارپ بر مقدار کاروتنوئید در سطح ۵ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. آنالیز واریانس کلروفیل a و b و کاروتنوئید برگ نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پریکارپ، نور، رژیم آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها.

متغیر اندازه‌گیری شده (مقدار F)			
منبع تغییر	کلروفیل a (واحد در میلی‌گرم پروتئین)	کلروفیل b (واحد در میلی‌گرم پروتئین)	کاروتنوئید (واحد در میلی‌گرم پروتئین)
پریکارپ	۳۱/۶۵**	۱/۷۲**	۳۰/۶۱**
آبیاری	۹۵/۲۴**	۹/۲۵**	۳۱/۳۵**
نور	۱۳۳/۳۵**	۷/۷۴**	۹۹/۷۱**
پریکارپ × آبیاری	۱/۰۰ ns	۰/۴ ns	۰/۶۳ ns
نور × پریکارپ	۰/۵۷ ns	۰/۹۰ ns	۲/۰۳*
نور × آبیاری	۰/۸۹ ns	۱/۰۹ ns	۰/۷۸ ns
نور × آبیاری × پریکارپ	۰/۳۴ ns	۰/۳۶ ns	۰/۴۰ ns

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، ns: عدم تفاوت معنی‌داری

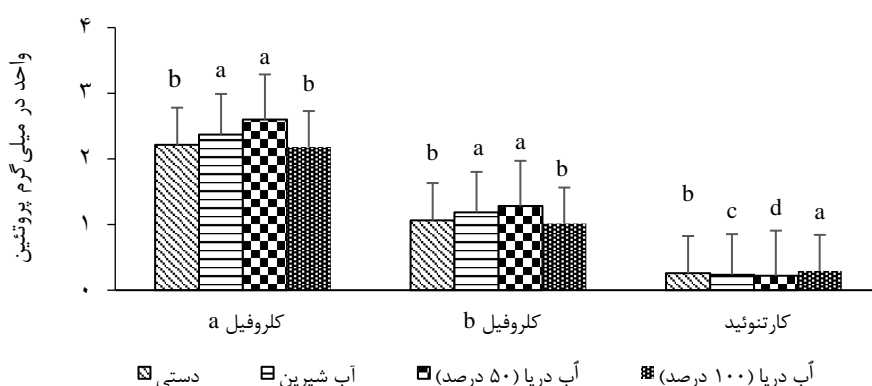
۳-۱. تأثیر نحوه حذف پریکارپ بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا

حذف پریکارپ پروپاگول‌های حرا تحت تیمارهای مختلف به‌ویژه حذف به کمک آب با غلظت‌های مختلف نمک بر جوانه‌زنی و رشدشان تأثیرگذار است. دلیل آن در گونه‌های مختلف مانگرو، از جمله *A. marina* را می‌توان به تجمع نمک طی دو مرحله توسط برگ‌ها نسبت داد. مرحله اول، افزایش سریع محتوای نمک برگ از مرحله جوانه‌زنی تا رشد کامل و مرحله دوم تغییر کمیت نمک، آهسته‌تر اما مداوم بوده که از طریق تغییر در غلظت یون و یا ضخیم شدن برگ انجام می‌شود [۱۲]. براساس نتایج، بیشترین میانگین مقدار کلروفیل a در تیمارهای ۵۰ درصد آب دریا و آب شیرین با مقادیر ۲/۵۹ و ۲/۳۷ واحد در میلی‌گرم در پروتئین مشاهده شد. همچنین مقادیر مربوط به کلروفیل b نیز، نتایج مشابه نتایج کلروفیل a نشان داد (شکل ۲) به طوری که بیشترین مقدار مربوط به کلروفیل b، به ترتیب در تیمارهای ۵۰ درصد آب دریا و آب شیرین (۱/۲۸ و ۱/۱۸ واحد در میلی‌گرم پروتئین) مشاهده شد (شکل ۲). افزایش مقدار کلروفیل‌های a و b در این دو تیمار نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود ($P < 0/01$). لازم به ذکر است که استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد آب دریا نسبت به سایر تیمارها با اختلاف معنی‌داری ($P < 0/01$) منجر به تولید بیشترین مقدار کاروتنوئید (۰/۲۹ واحد در میلی‌گرم پروتئین) در برگ‌های نهال حرا شد.

شوری زیاد منجر به استرس گونه‌های آبی می‌شود. این استرس در نتیجه تغییرات خصوصیات ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و در نهایت رشد و تولید گیاهان می‌شود. در واقع شوری و حرارت بیش از آستانه تحمل منجر به تخریب سلول می‌شود [۱۳]. همچنین نتایج Naidoo و همکاران (۲۰۰۲) نیز نتایج مشابهی را با نتایج تحقیق حاضر نشان داد به طوری که پس از حذف پریکارپ با استفاده از ترکیب‌های مختلف از غلظت نمک، مقادیر کلروفیل در غلظت متوسط (۳۵ درصد) در مقایسه با

¹General Linear Model

نسبت شوری کم (۱۲ درصد) افزایش داشت [۵]. در غلظت‌های بالای شوری، کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در اندام هوایی و ریشه افزایش می‌یابد. پدیده کاهش محتویات کلروفیل در حضور مقادیر بالای نمک به دلایل مختلف رخ می‌دهد که یکی از آن‌ها تخریب غشایی است. بدین معنی که هر چقدر غلظت نمک افزایش یابد، فعالیت فتوسنتزی گیاه از طریق اثر اسمزی و یونی کاهش یافته، میزان فندهای تولیدی کاهش یافته و منجر به اختلال در جوانه‌زنی و رشد می‌شود [۱۴]. از سوی دیگر، با افزایش مقدار نمک به‌طور همزمان سرعت جذب توسط هدایت روزنه‌ای و ظرفیت فتوسنتز محدود شده و به‌همین دلیل سرعت فتوسنتز و به‌دنبال آن مقادیر مربوط به کلروفیل کاهش می‌یابد [۱۵]. Banerjee و Mitra (۲۰۱۰) نیز در مطالعه اثر شوری بر نهال‌های گونه مانگروی هری تیپرا فومس (*Heritiera fomes*) نشان دادند که با افزایش غلظت شوری (از ۲ به ۲۰ PSU) مقدار کلروفیل کاهش یافت. در حالی که مقدار کاروتنوئید با افزایش مقدار شوری ذکر شده، برخلاف کلروفیل، رفتار متفاوتی را در مقابل مقادیر بالای شوری در گونه‌های مختلف نشان می‌دهد؛ به‌طوری که در برخی از گونه‌های هالوفیت با افزایش شدت شوری مقدار کاروتنوئید افزایش می‌یابد [۱۶].



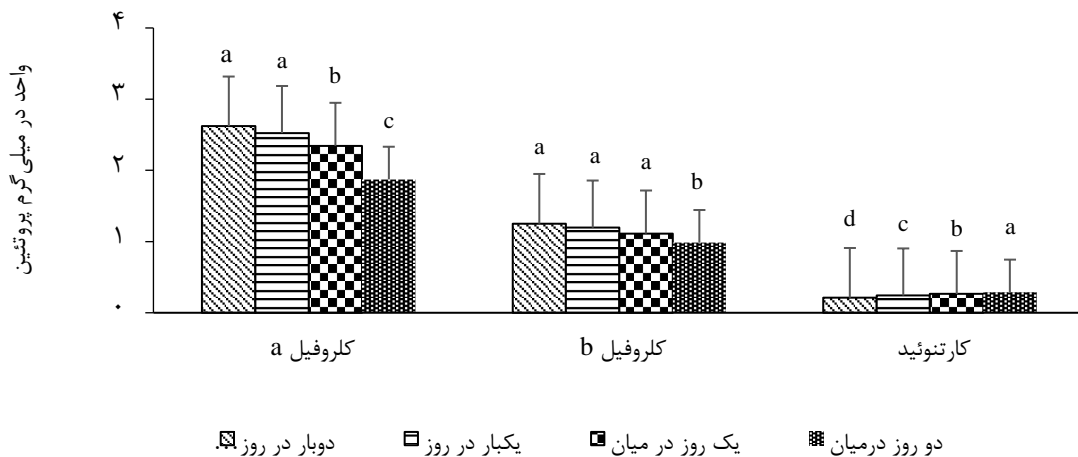
شکل ۲. مقایسه میانگین کلروفیل a، b و کاروتنوئید در برگ‌های نهال‌های مختلف تیمارهای مختلف جداسازی پریکارپ

۲-۳. تأثیر رژیم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا

امروزه محققان بر حساس بودن سیستم‌های فتوسنتزی در گیاهان نسبت به کم‌آبی و تنش خشکی اتفاق نظر دارند و محتوای کلروفیل را به‌دلیل ارتباطشان با نرخ تبادل کربن، ابزار مناسبی برای اثر خشکی و کمبود آب بر رشد نهال عنوان می‌کنند [۱۷]. نتایج نشان داد در تیمارهای مختلف آبیاری (دوبار در روز، یک‌بار در روز، یک روز در میان، دو روز در میان) بیشترین مقدار مربوط به کلروفیل a در تیمارهای دوبار (۲/۶۲ واحد در میلی‌گرم پروتئین) و یک‌بار (۲/۵۲ واحد در میلی‌گرم پروتئین) در روز است که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۳). مقدار کلروفیل b نیز در تیمارهای دوبار در روز، یک‌بار در روز و یک روز در میان به‌ترتیب یا مقادیر ۱/۲۵، ۱/۱۹ و ۱/۱۱ واحد در میلی‌گرم پروتئین ثبت شد که نسبت به تیمار دو روز در میان (۰/۹۸ در میلی‌گرم پروتئین) اختلاف معنی‌دار داشت و در دو گروه متفاوت قرار گرفتند (شکل ۳). قابل ذکر است، بیشترین مقدار کاروتنوئید (۰/۲۸ واحد در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار دو روز در میان مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری ($P < 0/01$) با سایر تیمارها داشت (شکل ۳).

دلیل آن را می‌توان حساس بودن بیشتر کلروفیل a به تنش خشکی نسبت به کلروفیل b دانست. زیرا کلروفیل a رنگیزه مرکزی فتوسنتز است؛ به‌همین دلیل تنش بر روی آن تأثیر بیشتری دارد [۱۷]. برخی مطالعات دیگر از جمله Younis و همکاران (۲۰۰۰) نتایج مشابهی را گزارش کردند و نشان دادند که کاهش مقدار کلروفیل موجود در نهال ناشی از پاسخ گیاه به کاهش پتانسیل‌های آبی برگ و حساسیت آن به کمبود آب است [۱۸]. با توجه به نیاز آبی نهال، طولانی‌شدن دوره آبیاری باعث می‌شود نهال در معرض کم‌آبی و در نهایت تنش خشکی قرار گیرد. به‌دنبال این تنش، فعالیت فتوسنتزی مختل می‌شود. به‌عبارتی دیگر، کاهش فتوسنتز یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاه در شرایط بحرانی است. طی مراحل اولیه کمبود آب یا تنش ناشی از آن، گیاه با بستن روزنه‌ها، فتوسنتز را محدود می‌کند. اختلال در سیستم فتوسنتزی سبب کاهش سطوح کلروفیل می‌شود. بنابراین، کم‌آبی

سطح کلروفیل را کاهش داده و غشای کلروپلاست آسیب می‌بیند و در نهایت غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد [۱۷]. عامل دیگری که می‌تواند محتوای کلروفیل گیاه را به دلیل کمبود آب مورد نیاز تغییر دهد؛ افزایش تولید O_2 و H_2O_2 است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت تخریب کلروفیل می‌شود. آبیاری منظم ولی با فواصل طولانی‌تر، پس از ایجاد یک تنش ملایم در نهال باعث کاهش سطح برگ و افزایش غلظت کلروفیل می‌شود که می‌تواند دلیلی بر افزایش مقدار کلروفیل b در فواصل طولانی‌تر آبیاری باشد [۱۹].



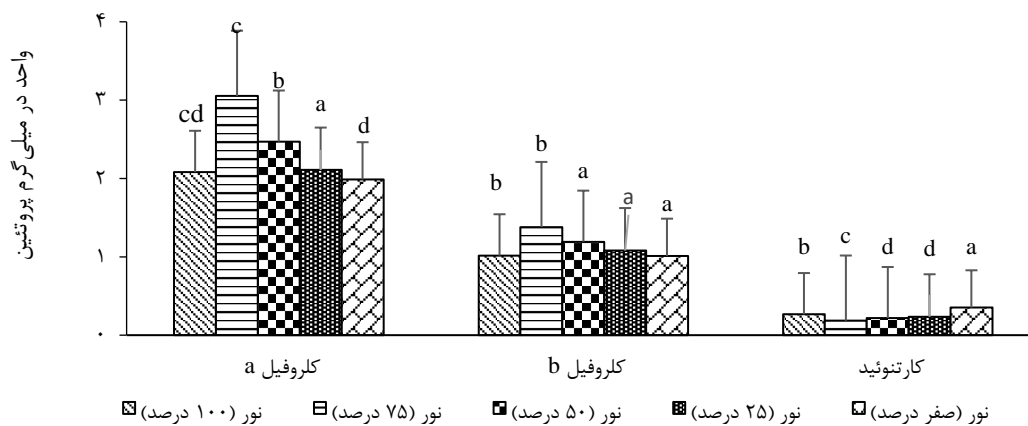
شکل ۳. مقایسه میانگین کلروفیل a، b و کارتوئوئید در برگ‌های نهال حرا با تیمارهای مختلف آبیاری

۳-۳. تأثیر نور بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های حرا

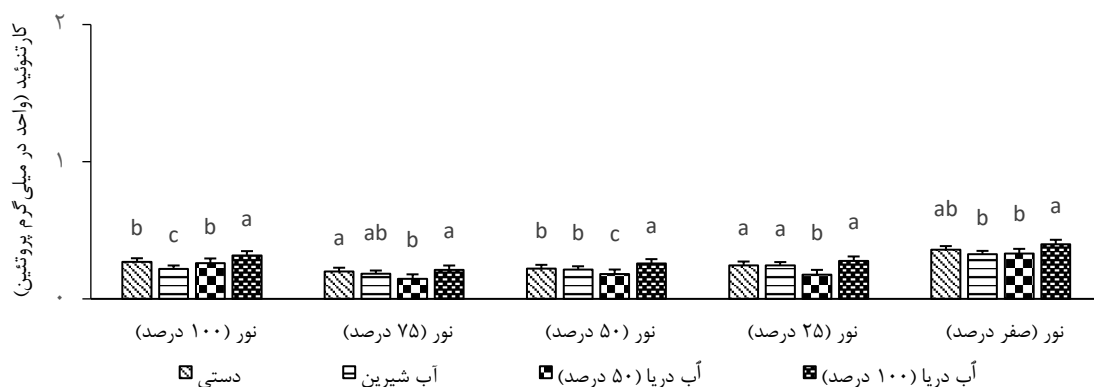
با توجه به اثر شدت نور بر سرعت فتوسنتز، می‌توان نور را به‌عنوان یک عامل مؤثر غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاهان به‌شمار آورد [۱۳]. پس از بررسی محتوای کلروفیل نهال‌های حرا تحت تیمارهای مختلف نوری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد)، اعمال تیمارهای مختلف نوری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد) بر نهال‌های حرا نشان داد که بیشترین مقادیر مربوط به کلروفیل a (۳/۰۵ واحد در میلی‌گرم پروتئین) و b (۱/۳۷ واحد در میلی‌گرم پروتئین) در مقدار نور ۷۵ درصد مشاهده شد (شکل ۴). مقدار کلروفیل a تحت تأثیر ۷۵ درصد نور در مقایسه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد؛ در حالی که مقدار کلروفیل b در تیمار نوری ۷۵ و ۵۰ درصد هم در یک گروه قرار گرفته و نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0.01$ ، شکل ۴). بیشترین میزان کارتوئوئید (۰/۳۵ واحد در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار صفر درصد نور مشاهده شده است که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد ($P < 0.01$ ، شکل ۴).

افزایش میزان کلروفیل در نور در این پژوهش با نتایج Lopez-Hoffman و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت [۶]. Menon و Neelakantan (۱۹۹۲) نشان دادند که در برخی از گونه‌های حرا، برگ‌هایی که در سایه قرار گرفته نسبت به برگ‌هایی که در معرض نور قرار گرفته بودند، محتوای کلروفیل بیشتری داشتند و دلیل این تفاوت را به تغییرات ریخت‌شناختی موجود بین برگ‌های سایه و آفتاب نسبت دادند [۲۰]. به‌طور کلی نور بر فعالیت آنزیم‌هایی که مواد متابولیکی لازم برای تشکیل کلروفیل را تولید می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. تغییر شدت نور به‌طور مستقیم بر آرایش کلروپلاست‌ها تأثیر می‌گذارد. وقتی گیاه در معرض نور کم قرار می‌گیرد، علاوه بر اینکه میزان کلروفیل کاهش می‌یابد؛ عمود قرار گرفتن کلروپلاست‌ها و موازی بودن آن‌ها با دیواره سلولی نیز منجر به کاهش محتوای کلروفیل (a و b) می‌شود [۳]. به‌دلیل اینکه نور شدید (تیمارهای بیش از ۷۵ درصد نور خورشید) برای گیاه قابل تحمل نبوده، مانع از تبدیل پروتوکلروفیل به کلروفیل شده و مقدار آن کاهش می‌یابد. همچنین اندازه گیرنده نور و گرانا در فتوسیستم II کاهش و به‌دنبال آن بخشی از کلروفیل b نیز کاهش می‌یابد [۲۱]. اگرچه نور به‌عنوان یک سیگنال محیطی برای سنتز کارتوئوئید لازم و ضروری است؛ اما گاهی همین عامل ضروری با شدت بالا مانع سنتز آن محسوب می‌شود. بنابراین

کاروتنوئیدها برای سنتز به مقدار بهینه‌ای از نور نیاز دارند. اگرچه بیوسنتز رنگیزه‌های کاروتنوئید در تاریکی نیز ممکن است. به عبارتی برخی کاروتنوئیدها در تاریکی و برخی در حضور نور قابلیت سنتز دارند [۴]. به همین دلیل می‌توان دلیل افزایش مقدار کاروتنوئید در این پژوهش را، سنتز آن در تاریکی دانست. نتایج اثرات متقابل در پژوهش حاضر نیز این نکته را تأیید نموده است. قابل ذکر است که تفاوتی بین اجزای تشکیل دهنده کاروتنوئید در گیاهان موجود در نور و تاریکی وجود ندارد [۲۲]. بررسی اثرات متقابل تیمارهای مختلف نور، آبیاری، پریکارپ نشان داد که تنها اختلاف معنی‌دار بین مقادیر مربوط به کاروتنوئید در اثر متقابل بین تیمارهای مختلف نوری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد نور) و حذف پریکارپ (دستی، آب شیرین، ۵۰ درصد آب دریا، ۱۰۰ درصد آب دریا) وجود دارد (شکل ۵). رفتار جداسازی پریکارپ در درصدهای مختلفی نوری متفاوت بود. در نور صفر درصد، بیشترین مقدار کاروتنوئید در تیمارهای مختلف دستی (۰/۳۵)، آب شیرین (۰/۳۲)، ۵۰ درصد آب دریا (۰/۳۳) و ۱۰۰ درصد آب دریا (۰/۳۹)، وجود داشت (شکل ۵).



شکل ۴. مقایسه میانگین کلروفیل a، b و کاروتنوئید در برگ‌های نهال حرا در تیمارهای مختلف نور



شکل ۵. مقایسه میانگین کاروتنوئید برگ نهال‌های حرا تحت تأثیر اثرات نور × نحوه جداسازی پریکارپ

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

موفقیت اصلی در جنگل کاری و احیای جنگل‌ها بستگی به نحوه تولید نهال در نهالستان دارد. تولید نهال مطلوب، قوی و سازگارتر با شرایط محیط کشت، نقش مهمی در زنده‌مانی و استقرار آن‌ها در عرصه دارد. براساس نتایج پژوهش حاضر، بیشترین فعالیت رنگدانه‌های فتوسنتزی نهال‌های حرا در نهالستان، در تیمار جداسازی پریکارپ با ۵۰ درصد آب دریا، آبیاری روزانه و دوبار در روز و همچنین نور ۵۰ درصد مشاهده شد. با توجه به عدم معنی‌داری رنگدانه‌های فتوسنتزی بین رژیم آبیاری دو بار در روز و یک بار

در روز، با توجه به کمبود آب در استان‌های جنوبی می‌توان بیان کرد یک‌بار در روز برای آبیاری، جداسازی پریکارپ با ۵۰ درصد آب دریا و کشت و نگهداری در سایه ۵۰ درصد انجام گیرد. با توجه به شرایط خاص و شکنندگی بوم‌سازگان مانگرو، شرایط سخت رویشگاهی و کمبود اطلاعات در زمینه تولید نهال استاندارد و مطلوب، نتایج پژوهش حاضر می‌تواند نحوه تولید نهال مناسب در نهالستان را تا حدودی تسهیل نماید. تولید نهال‌های حرا با پتانسیل بالاتر تولید می‌تواند تأثیر مثبتی در استقرار بهتر آن‌ها در عرصه رویشگاهی داشته باشد.

۵. منابع

- [1] Alongi, D.M. (2009). The energetics of mangrove forest. Springer. Netherlands.
- [2] Sari, A., Ogu, B., & Bilgic, A. (2006). Breaking seed dormancy of laurel (*Laurus nobilis* L.). *New Forests*, 31: 403-408.
- [3] Todd, A., Peterson, T.M., Blackmer, D.D., Francis, J., & Schepers, S. (2005). Using a chlorophyll meter to improve N management. *Soil Science*, 93: 1171-1177.
- [4] Leoncio, C., Clinton, O.C., & Simpson, L.K. (1976). Light dependent carotenoid synthesis in tomato. *Fruit Chemistry*, 24: 46-59.
- [5] Naidoo, G., Tuffers, A.V., & von Willert, D.J. (2002). Changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of two mangroves and a mangrove associate in response to salinity in the natural environment. *Trees*, 16: 140-146.
- [6] Lopez-Hoffman, L., DeNoyer, J., Monroe, I., Shaftel, R., Anten, N., Martinez-Ramos, M., & Ackerly, D. (2006). Mangrove seedling net photosynthesis, growth and survivorship are interactively affected by salinity and light. *Biotropica*, 38(5): 606-616.
- [7] Zhu, D., Hui, D., Huang, Z., Qiao, X., Tong, S., Wang, M., Yang, Q., & Yu, S. (2021). Comparative impact of light and neighbor effect on the growth of introduced species *Sonneratia apetala* and native mangrove species in China: implications for restoration. *Restoration Ecology*, 30(3): e13522.
- [8] Moslehi, M., Salmanmahiny, A., Yaghoubzadeh, M., Mikaeili Tabrizi, A., & Danehkar, A. (2021). Comparison of heavy metals concentration in sediments and vegetative organs of two species of Grey and Red mangrove. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 28(4):119-134.
- [9] Purnobasuki, H., & Utami, E. (2016). Seed germination of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. By pericarp removal treatment. *Biotropica*, 23(2): 74-83.
- [10] Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23(1): 112-121.
- [11] Daycem, K., Rabiaa Manel, S., Sameh, A., Dhafer, L., Mokhtar, H., & Jalloul, B. (2013). Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of *Artemisia herba-alba*, *Ruta chalapensis* L. and *Peganum harmala* L. *Food and Chemical Toxicology*, 55: 202-208.
- [12] Ball, M.C., & Pidsley, S.M. (1995). Growth responses to salinity in relation to distribution in two mangrove species, *Sonneratia alba* and *Sonneratia lanceolata*, in northern Australia. *Functional Ecology*, 9: 77-85.
- [13] Nurzaman, M., Abadi, S.A., Setiawati, T., & Mutaqin, A.Z. (2018). Characterization of the phytochemical and chlorophyll content as well as the morphology and anatomy of the Rhizophoraceae family in the mangrove forest in Bulaksetra, Pangandaran. In AIP conference proceedings, (2021 (1): 030015). AIP Publishing LLC.
- [14] Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2): 239-250.
- [15] Clough, B.F. (1984). Growth and salt balance of the mangroves *Avicennia marina* and *Rhizophora stylosa* in relation to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11(5): 419-430.
- [16] Mitra, A., & Banerjee, K. (2010). Pigments of *Heritiera fomes* seedlings under different salinity conditions: perspective sea level rise. *Mesopotamian Journal of Marine Sciences*, 25(1): 1-10.
- [17] Haung, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation two-season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 45(2): 105-114.

- [18] Younis, M.E., El-Shahaby, O.A., Abo-Hamed, S.A., & Ibrahim, A.H. (2000). Effects of water stress on growth, pigments and ^{14}C assimilation in three sorghum cultivars. *Agronomy Crop Science*, 185(2): 73-82.
- [19] Tatrai, Z.A., Sanoubar, S., Pluhár, Z., Mancarella, S., Orsini, F., & Gianquinto, G. (2016). Morphological and Physiological Plant Responses to Drought Stress in *Thymus citriodorus*. *International Journal of Agronomy*, 1-8.
- [20] Menon, G.G., & Neelakantan, B. (1992). Chlorophyll and light attenuation from the leaves of mangrove species of Kali estuary. *Indian Journal of Marine Sciences*, 21(1): 13-16.
- [21] Pandey, D.M., Kang, K.H., & Yeo, U.D. (2005). Effects of excessive photon on the photosynthetic pigments and violaxanthin de-epoxidase activity in the xanthophylls cycle of spinach leaf. *Plant Science*, 168: 161-166.
- [22] Wolf, F.T. (1963). Effects of light and darkness on biosynthesis of carotenoid pigments in wheat seedlings. *Plant Physiology*, 38(6): 649-652.