Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

Vegetative reply of grey mangrove (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh) seedling to the different level of light and irrigation in two periods in the nursery

Maryam Moslehi[*1], Marziye Rezai[2], Seyed Afsaneh Mohebbi[3]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran. E-mail: m.moslehi@areeo.ac.ir
2. Assistant Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: m.rezai@hormozgan.ac.ir
3. M.Sc. Graduate of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Bandarabass, Iran. E-mail: af.mohebbi@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.13.2024
Revised: 07.29.2024
Accepted: 08.04.2024

Keywords:
Diameter growth,
Growth reply of grey mangrove seedling,
Height growth,
Leaf area,
Period

ABSTRACT

Background and Objectives: To optimize water usage and cultivate robust seedlings, a comprehensive understanding of the grey mangrove habitat conditions across two vegetative periods and their growth responses in nursery settings is essential. This study aimed to assess the germination rates and growth outcomes of grey mangroves under varying light intensities, irrigation levels, and their combined effects during two distinct 3-month growth phases in a nursery environment. The research sought to elucidate how these factors influence germination percentages and overall performance of grey mangrove seedlings, providing valuable insights for more efficient and sustainable nursery practices.

Materials and Methods: Propagules sourced from 30 healthy mother trees during the summer of 2022 were distributed across five groups, each containing three plastic pots, within a coastal nursery utilizing a factorial statistical design. Various irrigation frequencies (twice daily, once daily, every other day, and every second day) and light treatments spanning five levels (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%) were administered to the propagules. The study aimed to assess the vegetative responses of seedlings to light and irrigation over two 3-month periods by measuring collar diameter, height, and leaf count (post-bifoliate stage) using digital calipers and a ruler. Growth increments were computed based on changes in collar diameter and height across the two 3-month periods. Germination percentages were documented at the start of growth, while leaf area measurements of 6-month-old seedlings were conducted across all treatments. Statistical analysis using General Linear Models (GLM) at a significance level of 95% was employed to analyze the data, shedding light on the impact of light and irrigation on the growth and development of grey mangrove seedlings in nursery conditions.

Results: Based on the findings, the germination percentage exhibited higher rates under twice-daily and daily irrigation, along with 50% and 75% light treatments compared to other conditions ($P \leq 0.05$). Notably, in the twice-daily irrigation setup, leaf area, registering at 22.83 cm^2, displayed a statistically significant variance from other treatments ($P \geq 0.05$). Leaf area peaked under 50%, 0%, and 75% light treatments ($P \leq 0.05$). Significant disparities were observed in all vegetative attributes

between the initial 3-month and subsequent 3-month assessments in response to varying light and irrigation treatments. Furthermore, most growth parameters, excluding leaf count, showcased higher values in the initial 3-month assessment compared to the subsequent period. Notably, in the second 3-month evaluation, differences among treatments were less pronounced. Analysis revealed that, during the initial 3-month assessment, diameter growth peaked under twice-daily irrigation (0.41 mm), daily irrigation (0.36 mm), and 50% light exposure (0.32 mm). Conversely, in the subsequent 3-month period, disparities in diameter growth diminished, particularly in the 50%, 25%, and 75% light treatments, aligning them in comparable groups. Similarly, height growth attained its maximum under the twice-daily irrigation regimen during the initial 3-month assessment, recording 4.75 cm, which decreased to 2.41 cm in the subsequent 3-month period, aligning it with the once-daily irrigation scheme (2.21 cm). Height growth peaked at 50% light (4.48 cm) during the initial 3-month evaluation, transitioning to 75% light (4.34 cm) in the subsequent 3-month period. Distinctively, leaf number exhibited a contrasting trend, being lower in the initial 3-month period than in the subsequent phase, showcasing a unique pattern compared to the other vegetative parameters.

Conclusion: Based on the study outcomes, grey mangrove seedlings demonstrate heightened sensitivity to light and irrigation during their initial 3-month growth phase, displaying more pronounced responses to these factors. Therefore, ensuring appropriate levels of irrigation and shade is paramount for fostering optimal growth conditions for grey mangrove seedlings in nursery settings.

Cite this article: Moslehi, Maryam, Rezai, Marziye, Mohebbi, Seyed Afsaneh. 2024. Vegetative reply of grey mangrove (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh) seedling to the different level of light and irrigation in two periods in the nursery. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 31 (2), 111-129.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22433.2062
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

پاسخ رویشی نونهال حرا (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh) به سطوح مختلف نور و آبیاری در دو پریود زمانی در نهالستان

مریم مصلحی*[۱]، مرضیه رضایی[۲]، سید افسانه محبی[۳]

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

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

۳. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع طبیعی، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: af.mohebbi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

واژه‌های کلیدی:
پریود،
رویش ارتفاعی،
رویش قطری،
سطح برگ،
واکنش رویشی نهال حرا

چکیده

سابقه و هدف: برای کاهش مصرف آب و تولید نهال مناسب حرا در نهالستان، آگاهی کامل از نیازهای رویشگاهی این‌گونه در دو مرحله رویشی و واکنش رویشی نونهال حرا در نهالستان در طول زمان ضرورت دارد؛ بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی درصد جوانه‌زنی و عکس‌العمل رویشی نونهال حرا در نهالستان به سطوح مختلف نور، آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها در دو دوره رویشی سه‌ماهه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: پروپاگول‌ها پس از جمع‌آوری از ۳۰ درخت مادری کاملاً سالم حرا در تابستان ۱۴۰۱، در گلدان‌های پلاستیکی در ۵ دسته سه‌تایی در قالب طرح آماری فاکتوریل در نهالستان غیرساحلی کشت شد و تیمار آبیاری در ٤ سطح (دو بار در روز، یک‌بار در روز، یک روز درمیان و دو روز در میان) و نور در پنج سطح ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نور، بر روی پروپاگول‌ها اجرا شد. به‌منظور بررسی تغییر رفتار رویشی نهال‌ها در طول زمان به نور و رژیم آبیاری، قطر یقه، ارتفاع و تعداد برگ نهال پس از دوبرگی شدن، در سه‌ماهگی و شش‌ماهگی با استفاده از کولیس دیجیتال و خط‌کش اندازه‌گیری و از تفاضل دوره‌های مختلف، میزان رویش در هر مرحله محاسبه و با استفاده از آزمون GLM در سطح ۹۵ درصد آنالیز شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد درصد جوانه‌زنی در آبیاری دو بار در روز و روزانه و هم‌چنین نور ۵۰ و ۷۵ درصد بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشت ($P\leq ۰/۰۵$). سطح برگ در تیمار آبیاری دو بار در روز با مقدار ۲۲/۸۳ سانتی‌مترمربع اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت.

همه صفات رویشی به‌جز تعداد برگ در سه‌ماهه اول دارای بیش‌ترین مقدار در سطوح مختلف نور و آبیاری بودند و در سه‌ماهه دوم اختلاف رویش در تیمارهای مختلف کم‌تر شد. بر طبق نتایج رویش قطری در سه‌ماهه اول در تیمار آبیاری روزانه (۰/۳٦ میلی‌متر) و دو بار در روز (۰/٤۱ میلی‌متر) و سطح نوری ۵۰ درصد (۰/۳۲ میلی‌متر) بیش‌ترین مقدار را داشت درحالی‌که در سه‌ماهه دوم میزان اختلاف رویش قطری در نور ۵۰، ۷۵ و ۲۵ درصد کاهش یافت. هم‌چنین میزان رویش ارتفاعی در سه‌ماهه اول در تیماری آبیاری دو بار در روز با مقدار ٤/۷۵ سانتی‌متر بیش‌ترین مقدار را داشت که در سه‌ماهه دوم کاهش‌یافته (۲/٤۱ سانتی‌متر) و با تیمار آبیاری روزانه با مقدار ۲/۲۱ سانتی‌متر در یک گروه قرار گرفتند. رویش ارتفاعی در سه‌ماهه اول در نور ۵۰ درصد (٤/٤۸ سانتی‌متر) و ۷۵ درصد (٤/۳٤ سانتی‌متر) بیش‌ترین مقدار را داشتند که در سه‌ماهه دوم این روند تغییر کرد. برخلاف سایر خصوصیات رویشی، تعداد برگ در سه‌ماهه اول کم‌تر از سه‌ماهه دوم بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در سه‌ماهه اول رویش نهال حرا در نهالستان به سطوح مختلف نوری و آبیاری حساس‌تر بوده و واکنش شدیدتری به آن‌ها نشان می‌دهد؛ بنابراین آبیاری و ایجاد سایه مناسب در سه‌ماهه اول رویش بسیار مهم بوده و باید نور ۵۰ درصد و آبیاری دو بار در روز در اختیار نهال قرار گیرد تا رویش مطلوبی داشته باشد ولی در نیمه دوم رویش در نهالستان می‌توان فاصله آبیاری را طولانی‌تر و شدت نور را بیش‌تر نمود.

استناد: مصلحی، مریم، رضایی، مرضیه، محبی، سید افسانه (۱۴۰۳). پاسخ رویشی نونهال حـرا (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh) به سطوح مختلف نور و آبیـاری در دو پریـود زمـانی در نهالسـتان. *نشـریه پـژوهش‌هـای علـوم و فنـاوری چـوب و جنگـل*، ۳۱ (۲)، ۱۲۹-۱۱۱.

DOI: 10.22069/JWFST.2024.22433.2062

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

مانگروها گروهی از درختان یا درختچه‌های مقاوم به شوری هستند که در نواحی جزر و مدی در امتداد سواحل گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در عرض جغرافیایی پایین رویش می‌کند. اگرچه جنگل‌های مانگرو ۰/۱ درصد سطح زمین را تشکیل می‌دهند ولی خدمات مهم زیست‌محیطی (جلوگیری از فرسایش خاک کرانه، حفاظت از جوامع ساحل‌نشین در برابر طوفان، ترسیب کربن، کاهش تغییرات آب و هوایی) را ارائه می‌دهند (۱) ولی از جمله بوم‌سازگان حاره‌ای و نیمه‌حاره‌ای است که به‌شدت آسیب دیده‌اند و درنتیجه افزایش فعالیت‌های انسانی به‌خصوص در ناحیه آسیا و اقیانوسیه در حال ناپدیدشدن هستند؛ بنابراین ضروری است که گام‌های فوری برای حفظ جنگل‌های مانگرو (احیا و اصلاح مناطق تخریب‌یافته و جنگل‌کاری در مناطقی که در گذشته پوشش جنگلی داشته)، برداشته شود (۲). اولین گام مدیریتی برای ترمیم جنگل‌های مانگرو، تولید نهال مناسب است که بدین‌منظور باید درک صحیحی از نیازهای اکولوژیک گونه‌های مانگرو و واکنش تدریجی نونهال‌ها به شرایط محیطی وجود داشته باشد.

زادآوری گونه‌های مانگرو، تحت‌تأثیر عوامل زنده و غیرزنده به‌ویژه نور است. نور بر روی رویش گیاهان و خصوصیات برگ (۳) و تولید (٤) تأثیر می‌گذارد. گوئراسانتوس و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر شدت‌های مختلف نور (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد سایه) بر گونه‌های مختلف مانگرو *Laguncularis racemose* و *Avicennia germinans* در مکزیک را بررسی و تغییرات رشد نهال‌ها را گزارش کردند. در این پژوهش رویش ارتفاعی نهال‌ها در شرایط سایه بیش‌تر از شاهد بود (نور کامل) (۵). رویش ارتفاعی نهال‌ها در سایه نسبت به شاهد بیش‌تر بود. منصور و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تأثیر فواصل آبیاری (۲، ۳، ٤ و ۵ روز در میان) را بر رویش گونه مانگروی کونوکارپوس گزارش کردند، نهال‌های کونوکارپوس در آبیاری دو روز در میان، بیش‌ترین ارتفاع، تعداد برگ، شاخه و تولید را دارد (٦). داسیلوا و مایاب (۲۰۱۹) رشد و بقای نهال‌های *A. schaueriana* و *L. racemosa* را تحت‌تأثیر شدت‌های مختلف نور بررسی و گزارش کردند نور کامل منجر به حداقل جوانه‌زنی شد درحالی‌که بیش‌ترین میزان جوانه‌زنی (۸٦/٦٦ درصد) و رشد در تیمار ۳۰ درصد نور رخ داد (۷). آزاد و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر روشنه‌های موجود در جنگل را که دریافت‌کننده نور مستقیم هستند را بر تجدیدحیات و رویش برخی از گونه‌های مانگرو بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تجدیدحیات و رویش بسته به نوع گونه متفاوت است. برخی از گونه‌های مانگرو (*Phoenix paludosa*) در نور مستقیم (روشنه)، تجدیدحیات و رویش داشتند و برخی دیگر (*Bruguiera sexangula, Brownlowia tersa, Cerbera manghas*) در نور پخش و سایه بهترین شرایط رویش و تجدید حیات را دارند (۸). ژو و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر شدت‌های مختلف نوری را بر رشد گونه‌های بومی مانگرو *Aegiceras corniculatum*، *Avicennia marina*، *Kandelia obovata* و هم‌چنین، گونه غیربومی *Sonneratia apetala* به‌مدت ۱۰ ماه در چین بررسی کردند. در این پژوهش گزارش شد گونه‌های *Avicennia marina* و *Aegiceras corniculatum* در نور متوسط و *Sonneratia apetala* در شرایط نوری زیاد مطلوب‌ترین رویش را دارد (۹).

یکی از بهترین رویکرد مدیریتی و احیای جنگل‌های مانگرو، رویکرد مشارکتی و استفاده از جوامع محلی (۲) در تولید نهال است. در جنگل‌های مانگرو، درختانی که مرتفع هستند و یا در فضای باز

قرار دارند در معرض نور مستقیم قرار دارند ولی سایه‌بان متوسط یا بیش‌تر از متوسط را برای نهال‌های مجاور فراهم نموده و آن‌ها را از نور مستقیم محافظت می‌کنند (۱۰)؛ بنابراین برای کشت و تولید نهال، نیازهای رویشگاهی این‌گونه باید به‌دقت بررسی گردد و شبیه‌سازی محیط رویشگاهی در نهالستان انجام پذیرد تا پس از انتقال به عرصه، با موفقیت استقرار یابد. با توجه به مدت‌زمان نگهداری نهال حرا در نهالستان (٦ ماه)، آگاهی از واکنش تدریجی آن‌ها به شرایط محیطی، در مرحله نونهالی، می‌تواند اطلاعات مناسبی در زمینه میزان حساسیت نونهال حرا به سطوح مختلف نور و آبیاری، در اختیار تولیدکنندگان قرار دهد؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی درصد جوانه‌زنی و عکس‌العمل رویشی نونهال حرا در نهالستان به سطوح مختلف نور، آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها در دو دوره رویشی سه‌ماهه می‌باشد تا با استفاده از نتایج آن، زمان تنظیم سطح نور (افزایش یا کاهش) قابل‌دسترس و یا تغییر میزان آبیاری (کاهش میزان مصرف آب بدون آسیب به نهال) به‌صورت دقیق مشخص و به تولیدکنندگان نهال توصیه گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: جنگل مانگروی خورآذینی آمیخته‌ای از دو گونه حرا (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh) و چندل (*Rhizophora mucronata* Lam.) بوده که در بندر سیریک واقع شده است. بندر سیریک با طول و عرض جغرافیایی ٢٦ درجه، ٣١ دقیقه و ٣٤/٢٠ ثانیه شمالی و ٥٧ درجه و ٦ دقیقه و ١٣/٢٢ ثانیه شرقی، متوسط درجه حرارت ٢٨/١ درجه و بارش سالیانه ٢٢٦/٩٦ میلی‌متر، در ٧٥ کیلومتری جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان واقع شده است (بر اساس اطلاعات آماری ایستگاه سینوپتیک میناب در یک دوره ٢٠ ساله) (١١).

روش پژوهش: برای جمع‌آوری پروپاگول ابتدا با جنگل‌گردشی در جنگل مانگروی سیریک، ۳۰ درخت حرا با قطر تاج بیش از ۲ متر و ارتفاع بیش از ۳ متر انتخاب شدند. قابل‌ذکر است درختان موردنظر کاملاً سالم، بدون آفت و بیماری بود. پس از تعیین درختان مادری مناسب در تیرماه سال ١٤٠١، پروپاگول‌های درشت و سالم، بدون آفت و بیماری از روی درختان جمع‌آوری (بهروزی و همکاران، ١٤٠١) و به اداره کل منابع طبیعی سیریک جهت اعمال تیمارها و کشت انتقال یافت. طرح آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بود (فاکتورها رژیم آبیاری در ٤ سطح و نور در ٥ سطح بودند). پس از انتقال پروپاگول حرا، ٥٠٠ پروپاگول سالم جدا شد و در ٥ دسته ٥ تایی در تاریخ ٨ مهر ١٤٠١ در داخل گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ٢٥×٣٠ سانتی‌متر کشت شدند (١٠٠ تکرار ترکیبی: ٥ تکرار گلدان، ٤ سطح آبیاری و ٥ سطح نوری). پس از کشت پروپاگول‌ها، گلدان‌ها در تیمار رژیم نوری (صفر، ٢٥، ٥٠، ٧٥ و ١٠٠ درصد نور) قرار گرفتند (١٢) و در چهار سطح رژیم آبیاری (دو بار در روز، یک‌بار در روز، یک روز در میان و دو روز در میان) به میزان ٥٠٠ سی‌سی در هر نوبت با آب شرب آبیاری شدند (١٣). برای ایجاد تیمار سایه، از توری‌های رنگ روشن با ضخامت‌های مختلف استفاده شد (١٣).

ثبت داده درصد جوانه‌زنی: شمارش جوانه‌زنی تیمارها در فواصل ٢ روز در میان به‌مدت ٤ هفته انجام گرفت و درنهایت با تقسیم کل پروپاگول‌های جوانه‌زده تقسیم بر کل پروپاگول‌های کشت‌شده ضربدر ١٠٠، درصد جوانه‌زنی محاسبه شد (١٤) (شکل ١). قابل‌ذکر است ثبت جوانه‌زنی تا جایی ادامه یافت که در دو برداشت پیاپی، هیچ جوانه‌زنی مشاهده نشده بود (١٥).

شکل ۱- پروپاگول حرا بعد از جوانه‌زنی.

Figure 1. Germination of grey mangrove propagule.

خصوصیات رویشی نهال در پریود زمانی سه‌ماهه: پس از ثبت جوانه‌زنی، با توجه به بذرهای جوانه‌زده شده ۵ دسته سه‌تایی برای هر تیمار جدا و اندازه‌گیری شدند (۵ تکرار برای هر تیمار و در مجموع ۱۰۰ تکرار برای تیمارهای ترکیبی) (جدول ۱).

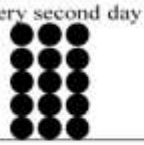
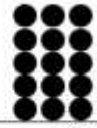
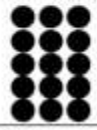
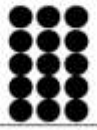
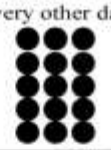
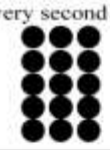
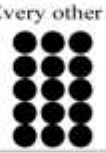
به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات رویشی، قطر یقه با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت میلی‌متر و ارتفاع نهال با استفاده از خط‌کش با دقت سانتی‌متر انجام گرفت (۱۶) و از تفاوت خصوصیات رویشی در ابتدا و انتهای رویش در هر مرحله (شکل ۲)، میزان رویش در هر یک از تیمارها محاسبه شد (۱۳).

شکل ۲- اندازه‌گیری قطر یقه (ب) و ارتفاع نهال (الف) نهال‌های حرا.

Figure 2. Measurement of grey mangrove seedling collar diameter (a) and height (b).

جدول ۱- پیاده کردن فاکتورها در نهالستان.

Table 1. The design of factors in nursery.

Factors فاکتورها	Factors level سطح فاکتورها			
Light نور	0% light نور صفر درصد			
Irrigation آبیاری	دو بار در روز Twice a day	یک‌بار در روز Once a day	یک روز در میان Every other day	دو روز در میان Every second day
				
Light نور	25% light نور ۲۵ درصد			
Irrigation آبیاری	دو بار در روز Twice a day	یک‌بار در روز Once a day	یک روز در میان Every other day	دو روز در میان Every second day
				
Light نور	50% light نور ۵۰ درصد			
Irrigation آبیاری	دو بار در روز Twice a day	یک‌بار در روز Once a day	یک روز در میان Every other day	دو روز در میان Every second day
				
Light نور	75% light نور ۷۵ درصد			
Irrigation آبیاری	دو بار در روز Twice a day	یک‌بار در روز Once a day	یک روز در میان Every other day	دو روز در میان Every second day
				
Light نور	100% light نور ۱۰۰ درصد			
Irrigation آبیاری	دو بار در روز Twice a day	یک‌بار در روز Once a day	یک روز در میان Every other day	دو روز در میان Every second day

قابل‌ذکر است اندازه‌گیری خصوصیات رویشی قطر یقه و ارتفاع نهال در سه مرحله مرحله دوبرگی که قطر یقه قابل اندازه‌گیر و ۹۰ و ۱۸۰ روزگی نهال، بررسی و یادداشت شد (۱۶). به‌منظور تعیین سطح برگ در پایان ۶ ماه، تعداد ۳ برگ از هر نهال جدا و با استفاده از کاغذ میلی‌متری در پایان ۶ ماه تعیین مساحت شد. هم‌چنین تعداد برگ همه نهال‌ها در دو مرحله ۳ و ۶ ماهگی شمارش و ثبت شد (۱۷).

تجزیه‌وتحلیل آماری: داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده نرم‌افزار Ecxel2016 و Spss نسخه ۲۶ مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه درصد جوانه‌زنی، سطح برگ و خصوصیات رویشی قطر یقه و ارتفاع در هر مرحله با استفاده از آزمون آماری GLM و تست نرمالیته باقی‌مانده‌های مدل با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) انجام گرفت. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی و سطح برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد درصد جوانه‌زنی و سطح برگ در سطح مختلف آبیاری و نور دارای اختلاف معنی‌دار است ولی اثرات متقابل آبیاری × نور بر روی این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی و سطح برگ نهال حرا تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و نور و اثرات متقابل آن‌ها.

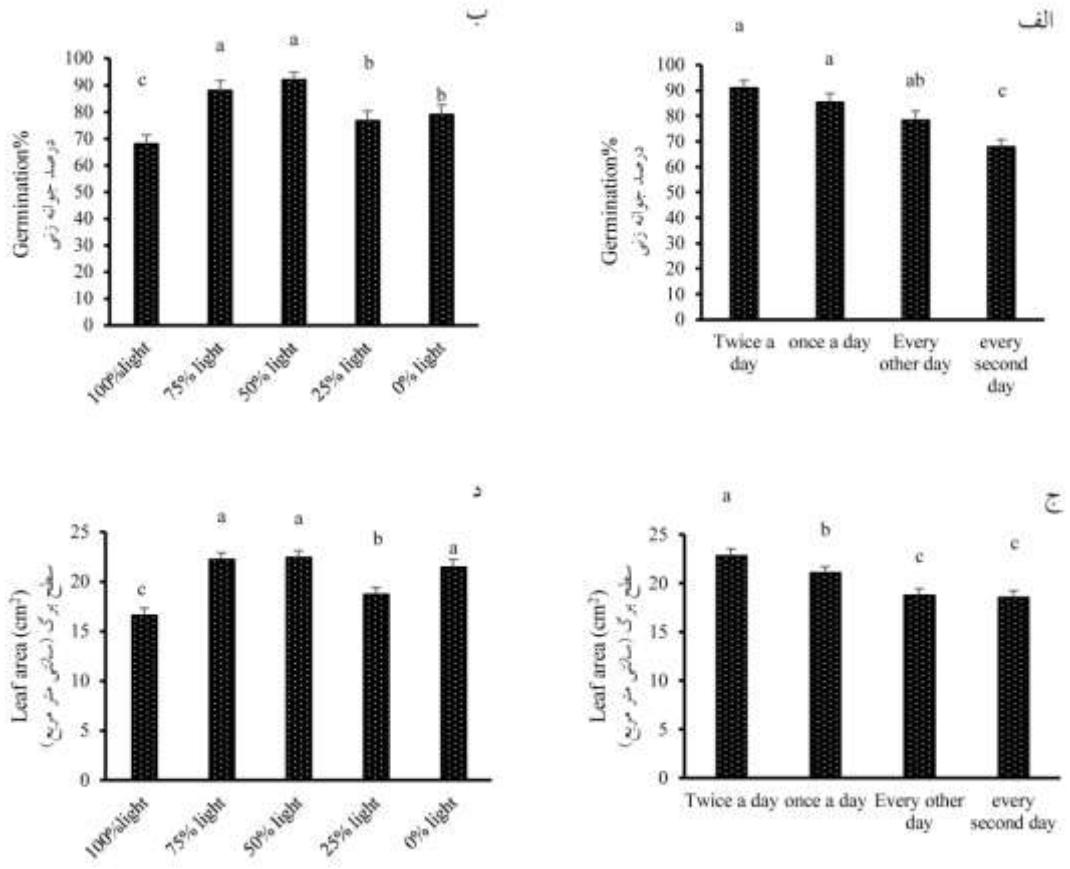
Table 2. Analysis variance of germination percentage and leaf area of *Avicennia marina* seedlings in different levels of light, irrigation regimes and their interaction effects.

منبع تغییر Source of changes	متغیر Variable	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی DF	ضریب فیشر F
آبیاری Irrigation	درصد جوانه‌زنی Germination%	2490.91	3	15.49**
نور Light		1803.75	4	11.22**
آبیاری × نور Irrigation×Light		168.41	12	1.04ns
خطا Error		160.75	80	-
آبیاری Irrigation	سطح برگ (سانتی‌مترمربع) Leaf area (cm^2)	102.99	3	16.92**
نور Light		127.82	4	21.00**
آبیاری × نور Irrigation×Light		3.29	12	0.54ns
خطا Error		6.06	80	-

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد، *معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و ns عدم معنی‌داری

**Significance at 99%, ** Significance at 99%, n.s: non-significant

نتایج مقایسه میانگین نشان داد درصد جوانه‌زنی در رژیم آبیاری دو بار و یک‌بار در روز با مقادیر ۹۱/۲ و ۸۵/٤ درصد (شکل ۲، الف) و نور ۷۵ و ۵۰ درصد با مقادیر ۸۸ و ۹۲ درصد (شکل ۳، ب) در یک گروه قرار داشته و بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر سطوح دارد که با نتایج داسیلوا و همکاران (۲۰۱۹)، مطابقت دارد (۷). نور یکی از عوامل مهم اکولوژیکی است که بر توزیع طبیعی و جوانه‌زنی در جنگل‌های مانگرو تأثیر می‌گذارد. نفوذ نور در محیط‌های که تحت تنش نمک هستند یا این‌که شوری یک عامل تنش‌زا برای آن‌ها باشد، می‌تواند یک محدودیت عمده برای جوانه‌زنی و استقرار گونه‌های حرا به‌ویژه در جوامع طبیعی باشد (۱۰). از سوی دیگر، عدم نفوذ نور (تیمار صفر درصد نور) به‌عنوان عامل محدودکننده اصلی در رشد اولیه و تشکیل گیاهچه گونه‌های حرا است. هم‌چنین به برخی اثرهای متقابل نیز منجر می‌شود که در حضور نور با شدت کم کارایی جذب مواد مغذی در بین گونه‌ها تغییر کند (۱۷).



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی و سطح برگ نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن.

Figure 3. Mean Comparisons of germination percentage and leaf area of *Avicennia marina* seedlings in the different treatments.

هم‌چنین سطح برگ در آبیاری یک‌بار در روز و نور ۵۰ درصد با مقادیر ۲۲/۸۳ و ۲۲/٤٤ سانتی‌متر مربع بیش‌ترین مقدار را داشت (شکل ۳، ج و د) که با نتایج پوتر و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت (۳). قابل‌ذکر است سطح برگ در نور ۵۰، ۷۵ و ۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند. اگرچه گونه‌های حرا نسبت به شرایط محیطی سخت سازگار هستند؛ بااین‌حال، بیش‌تر گونه‌ها رشد بهینه خود را فقط در یک محدوده مشخصی از شرایط محیطی نشان می‌دهند. درنتیجه می‌توان گفت با توجه به نتایج ما، محدوده مشخص ۵۰ درصد نور، رژیم آبیاری دو بار در روز؛ محدوده‌ای است که گونه مورد مطالعه در این پژوهش عملکرد بهینه را داشته است. برخی از گونه‌های حرا مانند *A. marina* توانایی تنظیم محتوای نمک را با ترشح آن از طریق غدد دارد. به همین دلیل نیازهای متابولیکی و تغذیه‌ای بالاتری دارند که در مقابل نرخ رشد بالاتر در شرایط شوری کم‌تر است (۱۸). این نهال‌ها با تولید مقادیر نسبتاً زیادی برگ با غلظت نمک بالا در برگ‌ها پاسخ می‌دهند. گونه‌هایی که توانایی کم‌تری در تحمل شوری دارند با ایجاد برگ‌های کم‌تر و کوچک‌تر به‌منظور کاهش تعرق نسبت به تنش شوری پاسخ می‌دهند. درحالی‌که برخی دیگر از گونه‌های دریایی این توانایی را دارد که نمک‌ها را از طریق اولترافیلتراسیون ریشه حذف کند (۱۹). از طرفی تیمار دو بار آبیاری در روز به نهال این امکان را می‌دهد که دسترسی بیش‌تری به آب داشته

باشد و انرژی خود را صرف فعالیت مربوط به اندام‌های هوایی خود هم‌چون رهگیری نور و کربن یا تشکیل آوند چوبی کند. چن و یی (۲۰۱٤) پاسخ *Avicennia marina* را به سطوح مختلف نور را بررسی کردند و نشان دادند سطح برگ که نور فرصت نفوذ می‌یابد بیش‌تر از زیر تاج پوشش بود که نشان می‌دهد نهال‌های *A. marina* ممکن است نسبت به سایه مقاوم باشند. رشد گیاه به روش‌های پیچیده‌ای تحت‌تأثیر فعل‌وانفعالات متعدد بین نور و عناصر غذایی و شرایط خارجی محیط می‌باشد. به‌عبارتی دیگر وجود مقدار رطوبت کافی این امکان را فراهم می‌کند که نهال‌ها در حضور نور مناسب، بیش‌ترین انرژی را برای تولید اندام هوایی خود مصرف کنند (۲۰).

خصوصیات رویشی: نتایج نشان داد همه خصوصیات رویشی در سه‌ماهه اول و دوم در تیمارهای مختلف از اختلاف معنی‌داری برخوردار است. قابل‌ذکر است اثرات متقابل نور و رژیم آبیاری بر رویش در سه‌ماهه اول و دوم معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی نهال حرا در دوره‌های سه‌ماهه اول و دوم اندازه‌گیری تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و نور و اثرات متقابل آن‌ها.

Table 3. Analysis variance of growth characteristics of *Avicennia marina* seedlings at the first and second measurements in the different periods of growth affected by light, irrigation regimes and their interaction influences.

منبع تغییر Source of changes	متغیر Variable	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی DF	ضریب فیشر F
آبیاری Irrigation	رویش قطری سه‌ماهه اول (میلی‌متر) Collar diameter at the first 3 months (mm)	0.16	3	12.65**
نور Light		0.089	4	7.01**
آبیاری × نور Irrigation×Light		0.002	12	0.179ns
خطا Error		0.013	80	
آبیاری Irrigation	رویش قطری سه‌ماهه دوم Collar diameter at the second 3 months	0.06	3	8.27**
نور Light		0.04	4	5.31**
آبیاری × نور Irrigation×Light		0.001	12	0.12ns
خطا Error		0.007	80	
آبیاری Irrigation	ارتفاع نهال در سه‌ماهه اول (سانتی‌متر) Seedling height at the first 3 months (cm)	19.36	3	32.63**
نور Light		3.13	4	5.27**
آبیاری × نور Irrigation×Light		0.62	12	1.06ns
خطا Error		0.59	80	

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

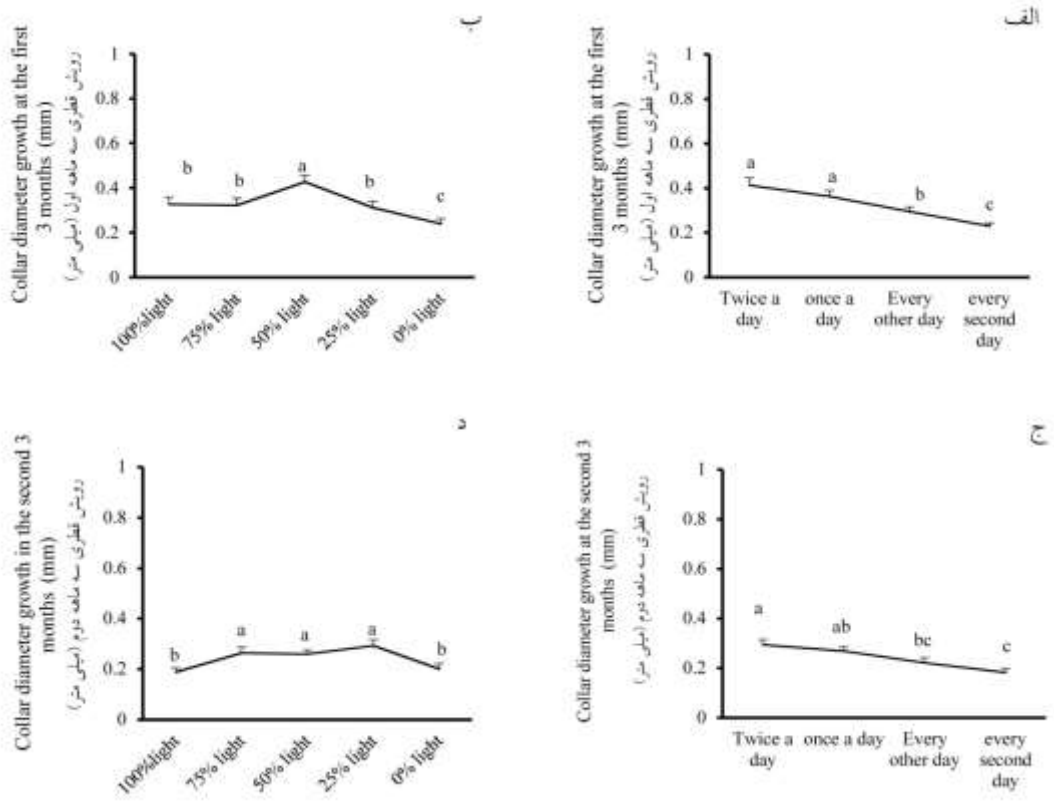
منبع تغییر Source of changes	متغیر Variable	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی DF	ضریب فیشر F
آبیاری Irrigation	ارتفاع نهال در سه‌ماهه دوم (سانتی‌متر) Seedling height at the second 3 months (cm)	2.19	3	3.37**
نور Light		2.53	4	3.91**
آبیاری × نور Irrigation×Light		0.198	12	0.30ns
خطا Error		0.64	80	
آبیاری Irrigation	تعداد برگ در سه‌ماهه اول Leaf No. at the first 3 months	4.67	3	12.31**
نور Light		0.61	4	1.61**
آبیاری × نور Irrigation×Light		0.437	12	1.15ns
خطا Error		0.37	80	
آبیاری Irrigation	تعداد برگ در سه‌ماهه دوم Leaf No. at the second 3 months	21.17	3	16.13**
نور Light		6.02	4	4.59**
آبیاری × نور Irrigation×Light		2.23	12	1.70ns
خطا Error		1.31	80	

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و ns عدم معنی‌داری

**Significance at 99%, * Significance at 99%, ns non-significant

بر طبق نتایج رویش قطری در سه‌ماهه اول در رژیم آبیاری یک و دو بار در روز (۰/۴۱ و ۰/۳۶ میلی‌متر) در یک گروه بوده و بیش‌ترین مقدار را داشت و در تیمارهای دیگر با شیب تندی کاهش یافت (شکل ٤، الف). در سه‌ماهه دوم میزان رویش کم‌تر بود و با شیب ملایم‌تری کاهش در تیمارها اتفاق افتاد به‌طوری‌که آبیاری یک روز در میان در گروه آبیاری یک‌بار در روز و تیمار دو روز در میان در گروه آبیاری یک روز در میان قرار گرفت (شکل ٤، ج). در تیمار سطوح نوری مختلف نیز روند مشابهی در رویش قطری مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار رویش قطری در سه‌ماهه اول در ۵۰ درصد نور (۰/٤۲ میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ٤، ب) درحالی‌که در سه‌ماهه دوم ضمن کاهش شیب رویش، رویش قطری در نور ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد با مقادیر ۰/۲۹، ۰/۲٦ و ۰/۲٦ میلی‌متر در یک گروه قرار گرفتند و بیش‌ترین رویش را داشتند (شکل ٤، د). یافته‌های برخی دیگر از پژوهش‌ها نتیجه پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند (۹). نور، عامل محدودکننده اصلی است که بر رشد نهال حرا تأثیر می‌گذارد (۲۱). با توجه به این‌که حرا

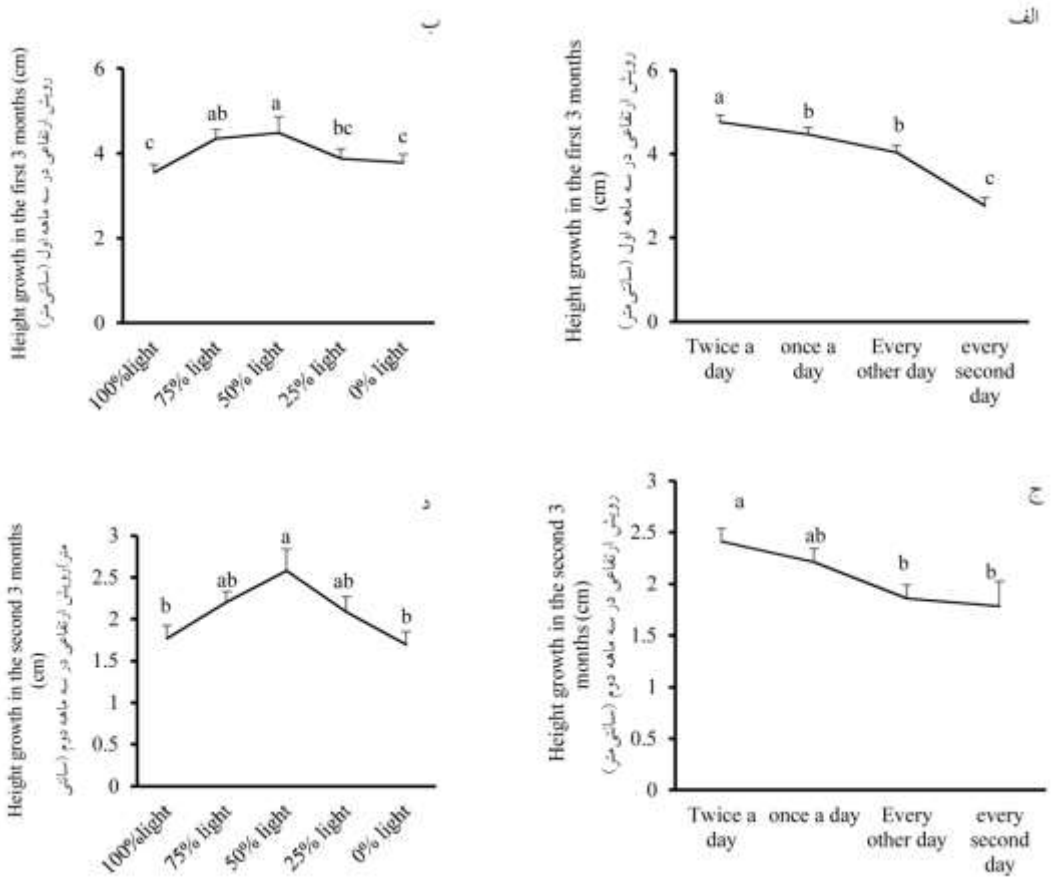
به لحاظ سرشت نوری جزو گونه‌های نورپسند محسوب می‌شود؛ در نور زیاد ظرفیت فتوسنتز را افزایش داده و بر رویش خود می‌افزاید اما بهینه‌ترین مقدار رویش خود را در نور متوسط نشان می‌دهد (۹). به‌طورکلی، قطر ساقه نهال یک شاخص کلی برای توانایی بقای گیاه است. بدین شکل که نهال‌هایی که قطر بزرگ‌تری دارند به علت مقاومت بیش‌تر در برابر انرژی امواج و باد، نسبت به گیاهانی که قطر کم‌تری دارند بقای بهتری دارند. زمانی که فواصل بین آبیاری طولانی می‌شود، میزان از دست دادن آب هم توسط نهال به‌دلیل شدت نور افزایش می‌یابد؛ بنابراین به‌دلیل کاهش جذب آب و درنتیجه خشکی خاک و بسته شدن روزنه‌های برگ، کاهش نسبی مداوم آماس در گیاه رخ می‌دهد. پیامد حاصل از بسته شدن روزنه‌ها و کاهش آماس به‌دلیل کم‌آبی در داخل بافت‌های گیاه، کاهش هر نوع رویش در داخل گیاه است اما نهال سعی می‌کند با افزایش تراکم ریشه‌ها این تنش حاصل از خشکی را جبران کند؛ بنابراین بیش‌ترین فشار، بر اندام‌های هوایی و ویژگی‌های آن‌ها خواهد بود (۲۲).



شکل ٤- مقایسه میانگین رویش قطری نهال‌های حرا در سه‌ماهه اول و دوم اندازه‌گیری در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن.

Figure 4. Mean Comparisons of collar diameter growth of *Avicennia marina* seedlings at the first and second 3-month measurements in different treatments using Duncan's test.

بر اساس نتایج ارائه‌شده رویش ارتفاعی نیز در سه‌ماهه اول با شیب تندی کاهش یافت و آبیاری دو بار در روز بیش‌ترین مقدار (٤/٧٥ سانتی‌متر در ۳ ماه) را داشت درحالی‌که در سه‌ماهه دوم شیب رویش ارتفاعی ضمن کاهش در تیمارهای مختلف، متعادل‌تر شده و اختلاف بین تیمارها کم‌تر شد (شکل ۵، الف و ج) که با نتایج منصور و همکاران (٢٠١٦) و حاجبی و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت (٦، ١٣).

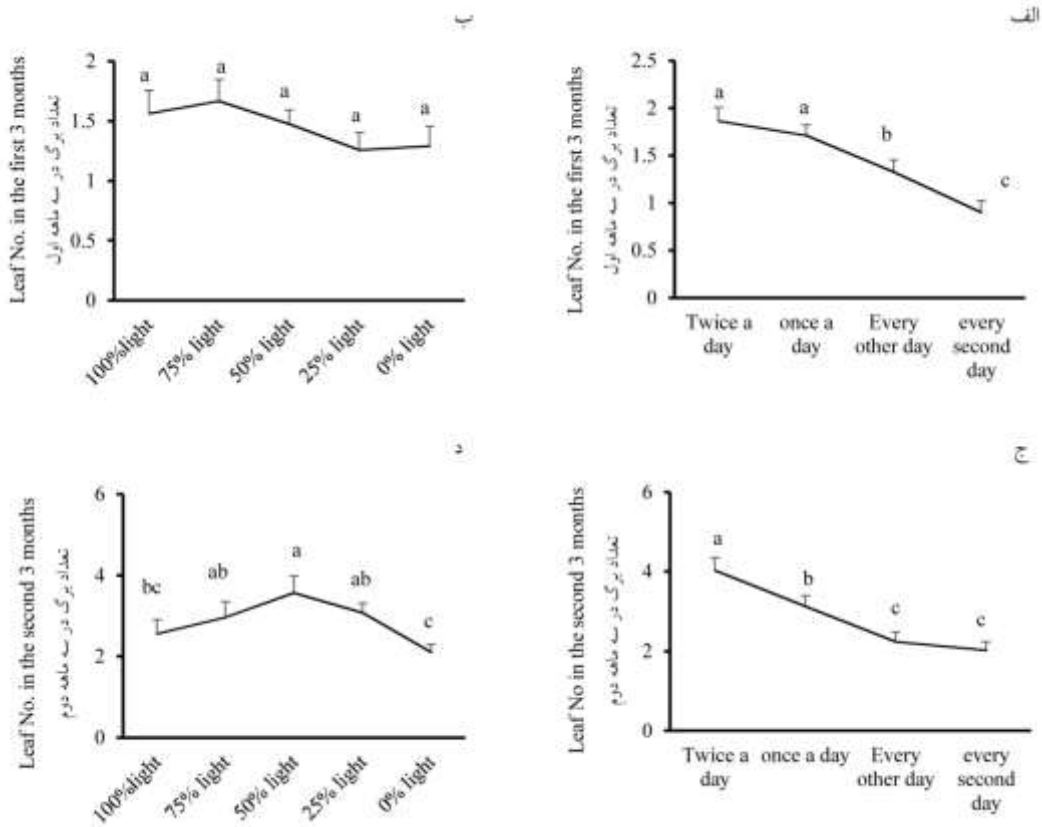


شکل ۵- مقایسه میانگین رویش ارتفاعی نهال‌های حرا در سه‌ماهه اول و دوم اندازه‌گیری در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن.

Figure 5. Mean Comparisons of collar height growth of *Avicennia marina* seedlings at the first and second 3-month measurements in different treatments using Duncan's test.

هم‌چنین رویش ارتفاعی در سه‌ماهه اول و دوم در تیمار ۵۰ درصد نور با مقادیر (٤/٤٨ و ۲/۵۷ سانتی‌متر) بیش‌ترین مقدار را داشت و در سه‌ماهه دوم اختلاف بین تیمارها کاهش یافت و در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۵، ب و د). نتایج حاصل از پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت داشت (۳، ۵، ۹، ۱۲). ارتفاع را می‌توان از صفات و معیارهای رایج برای تعیین میزان تحمل گیاه نسبت به شرایط سخت مانند خشکی دانست. قابل‌توجه است که تیمار ۵۰ درصد نور، شرایط محیطی مطلوب‌تری را برای حرا فراهم کرده و منجر به افزایش متعاقب فتوسنتز در بافت گیاه می‌شود. درحالی‌که نور شدید منجر به خشک شدن بستر گیاه شده و فتوسنتز را به خطر می‌اندازد. به‌طورکلی رشد فاکتورهای مورفولوژیکی گیاهان نورپسند به مقدار نور بستگی دارد. نهال‌هایی که در معرض نور مستقیم با درصد بالاتری قرار می‌گیرند نسبت به نهال‌های که در نورهای ملایم‌تر قرار می‌گیرند رشد ارتفاعی کم‌تری دارند که علت آن دمای محیط ناشی از نور خورشید است. به‌طورکلی رابطه مستقیمی بین درجه حرارت محیط و رشد ارتفاعی نهال وجود دارد. هرچه دما (آفتاب کامل) بیش‌تر باشد نهال کوچک‌تر می‌شود. (۷). این عملکرد به‌علت سازگاری نهال در مقابل خشکی است؛ زیرا گیاه در این شرایط انرژی خود را برای افزایش ارتفاع اندام هوایی صرف نمی‌کند. بلکه برای افزایش تراکم و طول ریشه از آن بهره می‌برد تا بتواند در مقابل

خشکی مقاومت کند. لازم به توضیح است که پتانسیل آب (پارامترهای فیزیکی و شیمیایی که شامل مقدار جذب آب درات خاک، اثرات محلول‌های نمک، مکش آوندهای گیاهی و اثرات آماس سلولی هستند) به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر فواصل آبیاری قرار می‌گیرد و بر رشد و توسعه ارتفاعی اثر می‌گذارد (۲۳). با توجه به این‌که رویش گیاه تنها متأثر از یک عامل نیست و مجموعه‌ای از عوامل و اثر متقابل آن‌ها در رشد گیاه مؤثر است؛ می‌توان نتیجه گرفت که حضور مقدار شدت نور مناسب (۵۰ درصد) که منجر به رشد بهینه شده از یک‌سو و از سوی دیگر تأمین نیاز آبی گیاه شرایط مطلوبی را جهت رشد فراهم می‌کند.



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد برگ‌های نهال‌های حرا در سه‌ماهه اول و دوم اندازه‌گیری در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن.

Figure 6. Mean Comparisons of leaf number of *Avicennia marina* seedlings at the first and second 3-month measurements in different treatments using Duncan's test.

بر طبق نتایج تعداد برگ در سه‌ماهه اول و دوم در آبیاری دو روز در میان (۱/۸٦ و ٤/۳) بیش‌تر از سایر تیمارها بود و برخلاف سایر خصوصیات تعداد برگ در سه‌ماهه دوم بیش‌تر از سه‌ماهه اول بود (شکل ٦، الف و ج). هم‌چنین در تیمار نور ۵۰، ۷۵ و ۲۵ درصد بیش‌ترین تعداد برگ در سه‌ماهه دوم مشاهده شد (شکل ٦، د).

Cai و همکاران (۲۰۰۸) طی مطالعات خود نشان دادند که بیش‌ترین تعداد برگ توسط نهال‌ها در نور متوسط (۵۰ درصد) ایجاد شده است و علت تغییر در تعداد برگ را در دسترسی گیاه به مواد غذایی دانستند (٢٤). برخلاف درختان بالغ، نهال‌هال *A. marina* هنوز توده ریشه‌های هوایی زیادی ایجاد نکرده‌اند؛ بنابراین، اکسیژن مورد نیاز را از طریق برگ‌ها و

ساقه‌ها به ریشه منتقل می‌کنند. به همین دلیل نسبت توده ریشه به اندام‌هایی هوایی (برگ و ساقه) کم‌تر خواهد بود. افزایش نسبت ریشه به ساقه و کاهش سطح برگ دو پاسخ مهم گیاه به تنش خشکی است. رشد برگ یکی از متغیرهایی است که به‌شدت به عوامل محیطی وابسته است و تحت شرایط خشکی کاهش می‌یابد. در تنش خشکی پاسخ برگ نسبت به ریشه و ساقه بیش‌تر است؛ زیرا قابلیت دسترسی به آب نقش مهمی در ساختار برگ دارد (۲۵). کاهش تعداد و سطح برگ در شرایط تنش خشکی، سبب کاهش ناحیه سطحی تعرق، افزایش جذب آب از خاک و درنهایت مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود. درختان در مرحله نونهالی و نهال نیاز به نیم‌سایه دارند نهال‌های حرا نیز مستثنی از این فرآیند نیست این‌گونه نورپسند در حضور نور فعالیت‌های فتوسنتزی را به‌خوبی انجام می‌دهند. از سوی دیگر آبیاری منظم به گیاه کمک می‌کند که تحت تنش خشکی قرار نگیرد. زمانی که شدت نور بسیار بالا باشد (بیش‌تر از نور بهینه) نهال‌های حرا به مواد غذایی بیش‌تری برای تأمین نیازهای خود دارند و کمبود این مواد منجر به کاهش رشد می‌شود. هم‌چنین به‌دلیل افزایش دما و میزان تبخیر و تعرق، ممکن است نهال دچار تنش کم‌آبی شود؛ بنابراین همراه با تنش آبی و نور شدید شاخص‌های رویش از جمله تعداد برگ کاهش می‌یابد.

عواملی که در طول دوره زندگی درخت حرا می‌تواند تحت‌تأثیر نور قرار گیرد شامل جوانه‌زنی، رویش، استقرار (۲۶)، خصوصیات مورفولوژیکی برگ و نهال، زی‌توده و اندازه بذر (۲۷)، است. درحالی‌که برخی از این پارامترها برای مشخص نمودن مقاومت به سایه یک‌گونه بر پایه فعل‌وانفعالات فیزیولوژیکی نیاز است ولی کافی نیست. طبقه‌بندی عملکرد نهال بدون در نظر گرفتن استقرار موفقیت‌آمیز نهال، رویش اولیه با زنده‌مانی متفاوت و رسیدن به مرحله رویشی بعدی (از نونهالی به نهال، خال و غیره) امکان‌پذیر نیست (۲۸) بنابراین عملکرد گیاهان در واکنش به نور ممکن است بسته به اندازه (۲۶) و سن نهال متفاوت باشد که در نتایج پژوهش حاضر نیز مشاهده شد نهال‌ها در مرحله دوم اندازه‌گیری واکنش متفاوتی به نور و آبیاری نشان دادند و میزان حساسیت آن‌ها با افزایش سن کاهش پیدا کرد که می‌تواند مربوط به سازگاری و افزایش مقاومت نهال‌ها به شرایط محیطی تحت‌تأثیر فعل‌وانفعالات فیزیولوژیکی باشد. واکنش متفاوت نونهال در مرحله اول و دوم برداشت به نور و رژیم آبیاری در گونه‌های خشکی نیز مشاهده شد. پیله‌ور و همکاران (۱۳۹۱) پاسخ رویشی نونهال بلوط را در تیمارهای مختلف نوری در دو مرحله ۹۰ و ۱۰۰ روزگی برداشت و نشان دادند پاسخ رویشی متفاوتی نسبت به نور داشتند و برخی از خصوصیات در مرحله ۱۰۰ روزگی کم‌تر از ۹۰ روزگی بود (۲۹).

گونه‌های مانگرو برای رویش و به‌خصوص تجدیدحیات نیاز به آب شیرین دارند که از حوزه آبخیز بالادست، رودخانه و باران به خورها و محل استقرار آن‌ها می‌رسد (۱۵). اهمیت آب شیرین در رویش و تجدیدحیات گونه‌های مانگرو در حدی است که به‌عنوان یکی از عوامل تهدید برای این جنگل‌ها در نظر گرفته شده است (۱۵) که می‌تواند حساسیت بیش‌تر نونهال‌های حرا در مراحل اولیه رویش به رژیم آبیاری را توجیه نماید.

پروپاگول‌های برخی از گونه‌های مانگرو درحالی‌که به درختان مادری چسبیده هستند جوانه می‌زنند و پس از مدتی از درخت مادری جدا شده و بر رسوب بستر قرار می‌گیرند (۳۰). بدین‌ترتیب بذر حرا در مراحل اولیه رویش به‌شدت وابسته به درخت مادری بوده و در زیر سایه آن جوانه‌زنی و رویش را آغاز می‌کند که می‌تواند حساسیت بذر و نونهال حرا

به نور (درصد نور بالا) و رژیم آبیاری را در مرحله اولیه آماربرداری توجیه نمود. افزایش رویش نونهال حرا در آماربرداری اول را می‌توان به ذخیره غذایی جنین نسبت داد. پروپاگولی که قبل از جوانه‌زنی از درخت مادری جدا می‌شود در مراحل اولیه رویش، ذخیره مواد غذایی با خود به همراه دارد که با ایجاد شرایط مساعد محیطی (نور و رژیم آبیاری)، می‌توان انتظار داشت بر سرعت رویش افزوده شود و شیب تند رویش نونهال در مراحل ابتدایی رخ دهد. یکی دیگر از دلایل حساسیت بیشتر نونهال‌های حرا در مراحل اولیه رویش را می‌توان به فرآیندهای فیزیولوژیکی برگ و غلظت کم‌تر رنگدانه‌ها نسبت داد. برگ‌های جوان بسیار حساس به نور هستند و انرژی بیش‌تری برای غلبه بر تنش ناشی از نور، نیاز دارند (۳۱) که می‌تواند دلیل حساسیت بیش‌تر نونهال‌های اولیه ۹۰ روزه به نونهال‌های ۱۸۰ روزه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر طبق نتایج، میزان رویش قطری و ارتفاعی در مراحل ابتدایی سن نونهالی بیش‌تر بوده و با افزایش سن میزان رویش کندتر و شیب رویش ملایم‌تر شده است. انعطاف رویشی نهال به شرایط محیطی با افزایش سن، بیش‌تر شده به‌طوری‌که نیاز نوری نهال در مرحله اول برداشت از ۵۰ درصد نور (پیک رویش) به دامنه نوری ۲۵ تا ۷۵ درصد نور در مرحله دوم رویش، تغییر یافت که نشان‌دهنده کاهش حساسیت نوری و افزایش بردباری نهال به نور، با گذشت زمان است. در مرحله دوم رویش نیز نهال، مقاومت بیش‌تری به تنش داشته و تغییرات میزان رویش کاهش یافت؛ بنابراین می‌توان گفت آبیاری و ایجاد سایه مناسب در سه‌ماهه اول رویش بسیار مهم بوده و باید نور ۵۰ درصد و آبیاری دو بار در روز در اختیار نهال قرار گیرد تا رویش مطلوبی داشته باشد ولی در آماربرداری دوم می‌توان دور آبیاری را کم‌تر و میزان نور را بیش‌تر نمود. با توجه به این‌که گونه حرا نورپسند بوده و نهال در عرصه باید در مقابل نور مستقیم قرار گیرد، بهتر است از سه‌ماهگی به بعد نهال را در نور ۷۵ درصد قرار داد و به‌منظور کاهش مصرف آب، آبیاری روزانه انجام گیرد.

منابع

1. Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N., & Fatoyinbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*. 26 (10), 5844-5855.
2. Venkateswarlu, V., Venkatrayulu, Ch., Jaya Harsha, M. A., & Reddy, G. G. (2023). Review on mangrove restoration: Re-greening the sea coast. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 22 (03), 130-143.
3. Poorter, H., Niinemets, U., Ntagkas, N., Siebenkas, A., Maenpaa, M., Matsubara, S., & Pons, T. (2019). A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. *The New Phytologist*. 223, 1073-1105.
4. Forrester, D. I., Rodenfels, P., Haase, J., Härdtle, W., Leppert, K. N., Niklaus, P. A., Von Oheimb, G., Scherer-Lorenzen, M., & Bauhus, J. (2019). Tree-species interactions increase light absorption and growth in Chinese subtropical mixed-species plantations. *Oecologia*. 191, 421-432.
5. Guerra-Santos, J. J., Mendez-Sanchez, J. A., Alderete-Chavez, A., de la Cruz-Landero, L., & del Carmen Guevara-Carrio, E. (2015). Light intensity on two mangrove species as an indicator of regeneration in a disturbed forest in Campeche, Mexico. *Transactions on Ecology and the Environmen*. 199, 15-22.

6.Mansour, H. A., El Maadwy, A. I., & Mustafa, H. G. (2016). Effect of irrigation interval and cytokinin treatments on vegetative growth of Conocarpus erectus L. plants. *Middle East Journal of agriculture Research*, 5 (3), 324-332.
7.Da Silva, N. R., & Maiab, R. C. (2019). Evaluation of the growth and survival of mangrove seedlings under different light intensities: Simulating the effect of mangrove deforestation. *Revista Árvore*. 43 (3), 1-11.
8.Azad, M. D. S., Kamruzzamn, M. D., & Mamoru, K. (2020). Canopy gaps influence regeneration dynamics in cyclone affected mangrove stands in medium saline zone of the Sundarbans Bangladesh. *Acta Ecologica Sinica*. 41 (1), 1-8.
9.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. *J. of the Society for Ecological Restoration*. pp. 1-11.
10.Janzen, D. H. (1985). Mangroves: where's the understory? *J. of Tropical Ecology*. 1 (1), 89-92.
11.Moslehi, M., Yaghoobzadeh, M., Bijani, A., & Ahmadi, A. (2020). Measurement and estimation of specific leaf area, leaf dry mass and leaf area index of *Rhizophora mucronata* Lam. in Sirik mangrove forests. *Iranian J. of Forest*. 12 (3), 421-434. [In Persian]
12.Basyuni, M., Miharza, T., Sinulingga, E., Gultom, E., & Djayus, Y. (2020). The effect of parent shade on the growth and morphological characteristics in six species of mangrove seedling. *Malaysia Apply Biology*. 49 (2), 99-103.
13.Hajebi, A. H., Moslehi, M., & Hassani, M. (2019). Effects of species, light, and irrigation regime on vegetative growth of grey mangrove (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) and red mangrove (*Rhizophora mucronata* (Lam.)) seedlings in the nursery. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 27 (1), 90-99.
14.Bewley, J. D., & Black, M. (1982). Physiology and bio-chemistry of seeds in relation to germination. New York: Springer-Verlag press. 2nd edition. 365p.
15.Moslehi, M., Pypker, T., Bijani, A., Ahmadi, A., & Hallaj, M. H. S. (2021). Effect of salinity on the vegetative characteristics, biomass and chemical content of red mangrove seedlings in the south of Iran. *Scientia Forestalis*. 49 (132), e3748.
16.Amini, B., Nurrachmi, I., & Rumiyati, R. (2007). The Effects of Crude Oil on Growth and Biomass of Mangrove *Bruguiera sexangula* Seedling in the Intertidal Area of Dumai City. *Indonesia International J. of Applied Environmental Science*. 12 (3), 399-407.
17.Berger, U., Adams, M., Grimm, V., & Hildenbrandt, H. (2006). Modelling secondary succession of neotropical mangroves: Causes and consequences of growth reduction in pioneer species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 7 (4), 243-252.
18.Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., & Marchand, C. (2008). Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany*. 89 (2), 201-219.
19.Scholander, P. F., Hammel, H. T., Hemmingsen, E., & Garey, W. (1962). Salt balance in mangroves. *Plant Phisyology*. 37 (6), 722-729.
20.Chen, Y. P., & Ye, Y. (2014). Early response of *Avicennia marina* to intertidal elevation and light level. *Aquatic Botany*. 111, 33-40.
21.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.
22.Kramer, P. J. (1983). Plant and Soil Water Relationship. McGraw-Hill Book Company, New York, 59p.
23.Elhadi, M., Ibrahim, K., & Abdel Majid, T. (2013). Effect of different watering regimes on growth performance of five tropical trees in the nursery. *Jonares*. 1, 14-18.

24.Cai, Z. Q., Poorter, L., Han, Q., & Bongers, F. J. J. M. (2008). Effects of light and nutrients on seedling tropical Bauhinia lianas and trees. *Tree Physiology*. 28 (2), 1277-1285.
25.Ashford, A. E., & Allaway, W. G. (1995). There is a continuum of gas space in young plants of *Avicennia marina*. *Hydrobiologia*. 295, 5-11.
26.Clark, D. A., & Clark, D. B. (1992). Life history diversity of canopy and emergent trees in a Neotropical rain forest. *Ecological Monographs*. 62, 315-344.
27.Foster, S. A., & Janson, C. H. (1985). The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. *Ecology*. 66, 773-780.
28.Martínez-Ramos, M., Álvarez-Buylla, E. & Sarukhán, J. (1989). Tree demography and gap dynamics in a tropical rain forest. *Ecology*. 70, 555-558.
29.Pilevar, B., Kakavand, M., Akbari, H., Ismailii, A., Soosani, J., & Mirazadi, Z. (2012). Growth and morphological responses of Mana oak (*Quercus brantii*) seedlings to different light levels at nursery in the first growing year. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 20 (1), 74-83.
30.Environmental Protection (Water) Policy. (2018). Background to monitoring mangrove forest health. Queensland Government. Report. 4p.
31.Hennessy, E., & Beach, K. S. (2023). Spatial consequences of ecophysiology in a psammophytic macroalgal community beneath fringing mangrove canopies in tampa bay. The University of Tampa.