مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

# تعیین معادله‌ی رشدسنجیِ زی‌توده و محاسبه‌ی کربنِ درختچه‌ی حرا *Avicennia marina* در خلیج نایبند

**معصومه محمودی [۱]، شراره پورابراهیم [۱و۲*]، افشین دانه کار [۲]، هانا اعتمادی [۳]**

*[۱] سازمان آب و برق خوزستان*

*[۲] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران*

*[۳] پژوهشکده محیط زیست دانشگاه خلیج فارس*

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخچه مقاله:**
دریافت: ۹۸/۰۳/۳۰
اصلاح: ۹۸/۰۵/۰۴
پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۵

**کلمات کلیدی:**
خلیج نایبند
زی‌توده
کربن
مانگرو

**چکیده**

مطالعه زی‌توده و کربن در درختان مانگرو غالباً به روش‌های رشدسنجی صورت می‌پذیرد. مدل‌های رشد سنجی در درختان مانگرو تحت تأثیر فاکتورهایی مانند گونه، شرایط اکولوژیکی و سن درخت هستند. به منظور مطالعه و بررسی معادله‌ی رشدسنجیِ درختچه‌ی حرا *Avicennia marina* در خلیج نایبند، برداشت درختچه‌ی کامل حرا از منطقه مذکور در ۶ ایستگاه انجام و آزمایش‌های زیست‌سنجی و محاسبه زی‌توده انجام و محتوای کربن نمونه‌ها به روش کوره اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج، بهترین مدل برای برآورد زی‌توده در درختچه‌ی حرا در نایبند معادله توانی با استفاده از قطر ساقه در ۳۰ سانتی‌متری است ($ABG = 139.3d_{30}^{1.263}$). نسبت زی‌توده ریشه به زی‌توده قسمت بالا (برگ و تنه) ۲۴ درصد بوده است. با توجه به مقدار کربن موجود در نمونه‌های زی‌توده، ضریب تبدیل زی‌توده به کربن برای قسمت فوقانی درختچه ۴۲ درصد و برای ریشه ۳۹ درصد به دست آمد. معادله رشدسنجی به دست آمده در مطالعه حاضر با معادلات رشدسنجی گونه‌ی بالغ حرا در سایر نقاط دنیا و ایران متفاوت است.

## مقدمــه

ارزیابی و مطالعه کربن در بوم‌سازگان‌ها یک گام مهم در اندازه‌گیری موجودی کربن و در نظر گرفتن استراتژی‌ها و گزینه‌های کاربری اراضی برای افزایش و پیشبرد جداسازی کربن است. در بین بوم‌سازگان‌هایِ جذب‌کننده‌ی کربن، جنگل‌های مانگرو یکی از پرتولیدترین بوم سازگان‌ها هستند و توانایی بالایی در جداسازی کربن دارند (Kathiresan, 2012). از آنجا که مانگرو در حاشیه‌ی آب و خشکی وجود دارد، مزایای تجمعی برای ذخیره کربن ایجاد می‌کند که نسبت به سایر اکوسیستم‌ها معنی‌دارتر است (Barbier *et al.*, 2011). سرعت تجمع کربن در خاک جنگل‌های مانگرو تا ۱۰۰ برابر بیش‌تر از جنگل‌های معتدله و ۵۰ برابر بیش‌تر از جنگل‌های گرمسیری است (Yee, 2010).

جنگل‌های مانگرو یک منبع اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی مهم هستند که کمتر از یک درصد سطح زمین را اشغال کرده‌اند (Alongi, 2008). جنگل‌های مانگرو تنوع گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی را در اختیار انسان قرار می‌دهند. به عنوان نمونه، زیستگاه مناسبی برای نگهداری لارو، تخم و نوزاد انواع ماهیان، پرندگان و پستانداران، نگهداری مواد مغذی و رسوبات،

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sh_pourebrahim@ut.ac.ir



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

محافظت در برابر طوفان (Alongi, 2008) و ذخیره کربن (Twilley *et al*., 1992; Alongi, 2002) تعدادی از خدمات اکوسیستمی جنگل‌های مانگرو است. متأسفانه جنگل‌های مانگرو در جنوب ایران به دلایل متعددی از جمله آلودگی ناشی از آلاینده‌های نفتی، پسماندهای صنعتی، استفاده‌های گردشگری بدون ظرفیت‌یابی و طرح‌ریزی قبلی، استفاده شدید از سرشاخه های حرا به منظور علوفه دام توسط اهالی بومی منطقه و جنگل‌زدایی در مناطق ساحلی به منظور استفاده از سایر کاربری‌های زمین برهنه، در معرض تهدید نابودی قرار گرفته‌اند.

تخمین کربن پوشش گیاهی با استفاده از مقادیر زی‌توده انجام می‌شود. به طور کلی اندازه‌گیری زی‌توده با سه روشِ؛ قطع درختان، میانگین درخت و رشدسنجی[1] انجام می‌شود. با توجه به اهمیت و تهدیدات ذکر شده برای اکوسیستم مانگرو، روش قطعِ درختان، روشِ مناسبی برای اندازه‌گیری زی‌توده و کربن نیست. روشِ میانگین نیز برای جنگل‌های با اندازه‌ی درختانِ یکنواخت مناسب است که درختانِ مانگرو از این قاعده مستثنا هستند. به نظر می‌رسد روش رشدسنجی بهترین روش برای برآورد زی‌توده و کربن در درختان مانگرو باشد (Komiyama and Poungparn, 2008).

در برخی از موجودات، نرخِ رشد بخشی از موجود متناسب با سایر بخش‌ها است و این موضوع پایه‌ی روابطِ رشدسنجی است. برای مثال قطر تنه‌ی درخت به شدت با وزن تنه درخت همبستگی دارد و اگر محدوده‌ای از درختان با اندازه‌های مختلف اندازه‌گیری شود می‌توان یک رابطه‌ی رگرسیونی برای تخمین وزن (زی‌توده) درخت به دست آورد. از آنجایی که قطر درخت به راحتی قابل اندازه‌گیری است اما اندازه‌گیری وزنِ درخت مشکل است، این کار یک روش نسبتاً آسان را برای تخمین زی‌توده درختان ایستاده در جنگل به دست می‌دهد؛ اما به هر حال روابطِ رشدسنجی اغلب وابسته به مکان و گونه هستند (Clough *et al*., 1997; Smith and Whelan, 2006) و مدل رشدسنجی برای گونه‌های مختلف و هم‌چنین یک گونه در شرایط اقلیمی و اکولوژیکی مختلف، متفاوت خواهد بود. با توجه به این موضوع مطالعاتِ متعددی بر روی روابط رشدسنجی زی‌توده در گونه‌های متفاوت مانگرو و هم‌چنین در نقاط مختلف دنیا انجام شده است.

مطالعات زیادی روابط مختلف رشدسنجی را بر اساس قطر برابر با سینه[2] درخت مانگرو گزارش نموده‌اند. تعدادی از مطالعات نیز روابط مربوطه را بر اساس ارتفاع درخت مانگرو به دست آورده‌اند. تعدادی از مطالعات ارتفاع درخت و قطر تاج را مد نظر قرار داده‌اند. نتایج و معادلات رشدسنجی به دست آمده در تعدادی از مطالعات انجام شده در گونه‌های مختلف مانگرو در جدول ۱ آورده شده است؛ اما از آنجا که مانگروهای ایران کوتاه هستند، ارتفاع نمی‌تواند متغیر مناسبی برای برآورد زی‌توده باشد. هم‌چنین با توجه به اینکه مانگروهای ایران چند شاخه هستند قطر یقه بسیار بهتر از قطر برابر با سینه، می‌تواند در زمینه رشدسنجی مفید باشد.

با توجه به موارد مذکور، به منظور برآورد ذخیره کربن در اکوسیستم مانگرو با توجه به نوع گونه و منطقه‌ی جغرافیایی و اقلیمی، ضروری است الگوی رشدسنجی درختان مذکور بررسی و تعیین گردد. جنگل مانگرو نایبند در دو خور عسلویه و بساتین به وسعت ۱۲۰ هکتار قرار دارد (Ahmadi and Hoveidi, 2015). تنها گونه‌ی مانگرو در منطقه‌ی مذکور گونه‌ی حرا *Avicennia marina* است. در ارتباط با گونه‌ی بالغِ حرا در خلیج نایبند، Ghasemi و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه‌ای انجام دادند و مدل برآورد زی‌توده و بر اساس آن محتوای کربن درختان بالغ حرا در این منطقه را ارائه نمودند.

در مقیاس‌های مکانی کوچک‌تر، رشد مانگروها علاوه بر شرایط اقلیمی و ترکیب گونه‌ای، تحت تأثیر عواملی مانند ساختار و سن درختان قرار دارد (Day *et al*., 1996; Twilley *et al*., 1992). علاوه بر این با توجه به دستورالعمل‌های موجود برای برآورد زی‌توده و کربنِ مانگرو، مدل و سرعت ذخیره‌سازی کربن در درختان و درختچه‌های حرا متفاوت است (Kauffman and Donato, 2012) لذا احتمال می‌رود مدل رشدسنجی در درختچه‌ی حرا با گونه‌ی بالغ آن متفاوت باشد. با توجه به اینکه بخش

[1] Allometry
[2] DBH (Diameter at Breast Height)



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

زیادی از جنگل حرای نایبند را همواره درختچه‌ها تشکیل می‌دهند، تعیین مدل زی‌توده درختچه‌ی حرا جهت انجام مطالعات آتیِ برآورد زی‌توده و کربن در منطقه‌ی مذکور ضروری است.

**جدول ۱.** روابط رشد سنجی به دست آمده در گونه‌های مختلف مانگرو بر اساس پارامترهای متفاوت

| نام گونه | معادله | $R^2$ | منبع |
|---|---|---|---|
| | **بر اساس قطر و ارتفاع** | | |
| General equation | $B=0.0509 * \rho * (DBH)^2 * H$ | | Chave *et al.*, 2005 |
| *Bruguiera gymnorrhiza* | $B=0.0464 * (DBH^2H)^{0.94275} * \rho$ | 0.96 | Cole *et al.*, 1999 |
| *Sonneratia alba* | $B=0.0825 * (DBH^2H)^{0.89966} * \rho$ | 0.95 | Cole *et al.*, 1999 |
| *Rhizophora apiculata* | $B=0.0444 * (DBH^2H)^{0.96842} * \rho$ | 0.96 | Clough and Scott, 1989 |
| *Rhizophora mucronata* | $B=0.0311 * (DBH^2H)^{1.00741} * \rho$ | 0.95 | Clough and Scott, 1989 |
| *Rhizophora spp.* | $B=0.0375 * (DBH^2H)^{0.98626} * \rho$ | 0.95 | Clough and Scott, 1989 |
| *Lumnitzera littorea* | $B=0\ 70.6\ 19\ 0.0214 * (DBH^2H)^{1.05655} * \rho$ | 0.93 | Cole *et al.*, 1999 |
| *Xylocarpus granatum* | $B=0.0830 * (DBH^2H)^{0.89806} * \rho$ | 0.95 | Cole *et al.*, 1999 |
| | **بر اساس قطر** | | |
| *Rhizophora spp* | $^{2.68}B=0.105DBH$ | 0.99 | Clough and Scott, 1989 |
| *Bruguiera gymnorrhiza* | $B=0.186DBH^{2.31}$ | 0.99 | Clough and Scott, 1989 |
| *Bruguiera parviflora* | $^{2.42}B=0.168DBH$ | 0.99 | Clough and Scott, 1989 |
| *Ceriops australis* | $B=0.189DBH^{2.34}$ | 0.99 | Clough and Scott, 1989 |
| *Xylocarpus grnatum* | $B=0.0823DBH^{2.59}$ | 0.99 | Clough and Scott, 1989 |
| *Rhizophora apiculata* | $^{2.42}B=0.235DBH$ | 0.98 | Ong *et al.*, 2004 |
| *Laguncularia racemosa* | $^{2.24}B=0.209DBH$ | 0.99 | Imbert and Rollet, 1989 |
| *Avicennia marina* | $^{2.11}B=0.308DBH$ | 0.97 | Comley and McGuinness, 2005 |
| *Rhizophora apiculata* | $B=0.043\ DBH^{2.63}$ | 0.97 | Putz and Chan, 1986 |
| *Rhizophora apiculate* | $B=0.043\ DBH^{2.63}$ | 0.97 | Amira, 2008 |
| *Bruguiera gymnorrhiza* | $*\rho\ B=0.0754\ DBH^{2.505}$ | 0.91 | Cole *et al.*, 1999; Kauffman and Cole, 2010 |
| *Rhizophora apiculata* | $*\rho\ B=0.0695\ DBH^{2.644}$ | 0.89 | Cole *et al.*, 1999; Kauffman and Cole, 2010 |
| | **بر اساس ارتفاع و تاج پوشش** | | |
| *Avicennia marina* | $B^{-1/3}= -4.215+0.121\ H$ | 0.84 | Woodroffe, 1985 |
| *Avicennia marina* | $B-1/3=0.489 + 0.100\ C$ | 0.97 | Woodroffe, 1985 |
| *Rhizophora mangle* | $B=0.84126*C-0.8166$ | 0.89 | Coronado-Molina *et al.*, 2004 |
| *Avicennia germinans* | $LnB =2.134+(0.895*Ln(D^2))+(0.184*Ln(CWNV))$ | 0.98 | Ross *et al.*, 2001 |
| *Laguncularia racemosa* | $LnB= 1.095+(0.659*Ln(D^2))+(0.304*Ln(CWNV))$ | 0.98 | Ross *et al.*, 2001 |
| *Rhizophora mangle* | $LnB= 2.528+(1.129*Ln(D^2))+(0.156*Ln(CWNV))$ | 0.94 | Ross *et al.*, 2001 |

B زی‌توده قسمت بالایی درخت، DBH قطر برابر با سینه، D قطر در ۳۰ سانتی‌متری ساقه، ρ چگالی، H ارتفاع، C قطرتاج، CWNV طول تاج*عرض تاج*ارتفاع تاج، General equation معادله کلی صرف نظر از نوع گونه

## مواد و روش‌ها

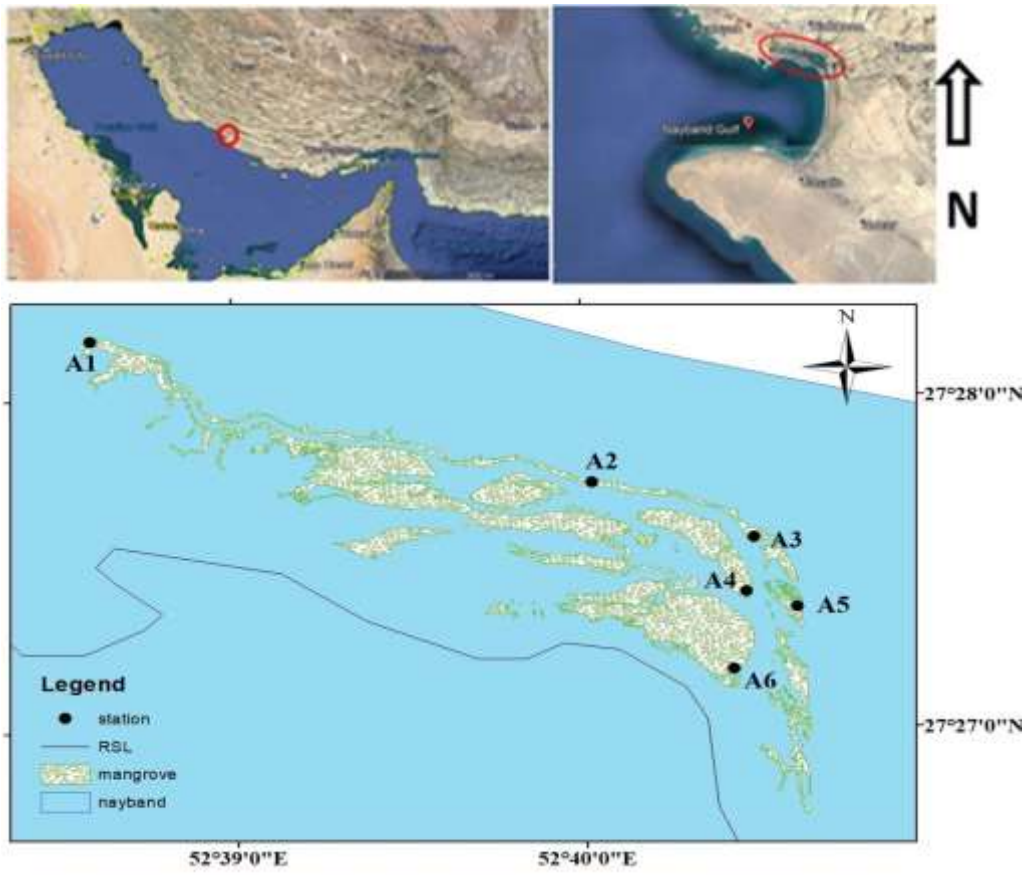
به منظور تعیین مدل رشدسنجی ذخیره کربنِ درختچه‌ی حرا در خلیج نایبند، نمونه‌های درختچه همراه با ریشه از ۶ نقطه مختلف خور عسلویه با سه تکرار در آبان ماه ۱۳۹۷ (بهترین شرایط اقلیمی جهت نمونه‌برداری در منطقه‌ی مورد مطالعه) برداشت شد. آب و هوای منطقه نایبند نیمه گرمسیری است و شرایط اقلیمی همانند ساوانا دارد. میانگین درجه حرارت در زمستان به طور متوسط ۱۲ تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد و در تابستان ۳۶ تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی در سال ۱۵۰ میلی‌متر و اغلب به‌صورت بارش زمستانه است ولی در برخی سال‌ها تا ۴۹۵ میلی‌متر نیز می‌رسد ( Lar Consulting



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

Engineers, 2006). شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های برداشت درختچه‌ی حرا را در خور عسلویه واقع در خلیج نایبند نشان می دهد. پس از توزین قسمت‌های هوایی و ریشه در روی زمین و اندازه‌گیری قطر تاج، عرض تاج، ارتفاع ساقه‌ی اصلی در ۳۰ سانتی‌متری، سطح و حجم تاج، نمونه‌ها جهت انجام مطالعات زیست‌سنجی و آنالیز کربن به آزمایشگاه محیط‌زیست دانشگاه تهران منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از جداسازی ریشه و برگ از تنه و توزینِ وزنِ ترِ هر بخش، نمونه‌ها درون آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و مجدداً توزین شدند. سپس مقدار یک گرم نمونه‌ی آسیاب شده از هر بخش به منظور محاسبه‌ی کربن، درونِ کوره در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ ساعت سوزانده شد (Heiri *et al*., 2001). برای محاسبه‌ی مقدار کربن از رابطه‌ی ۱ استفاده شد. نتایج توسط نرم افزار SPSS 25 و آزمون Curve Estimation تجزیه و تحلیل شد. با داشتنِ زی‌توده و فاکتورهای مربوطه، رابطه رگرسیون مربوط به زی‌توده به عنوان متغیر وابسته و هریک از فاکتورهای قطر تاج، عرض تاج، ارتفاع ساقه‌ی اصلی در ۳۰ سانتی‌متری از زمین به عنوان متغیر مستقل، روابط رشدسنجی تعیین شدند (Ross *et al*., 2001).




**شکل ۱.** موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه روی نقشه.

رابطه‌ی ۱

$$\% \text{ Corg} = 0.415 * \% \text{ LOI} + 2.89 (r=0.59)$$ (Kaufmann and Heider, 2011)

Corg % درصد کربن آلی

Loss on Ignition (%LOI) % درصد کاهش وزن ناشی از سوزاندن

LOI% = (وزن خشک قبل از احتراق- وزن خشک بعد از احتراق/ وزن خشک قبل از احتراق) *۱۰۰



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

## نتایـج

نتایجِ تحلیل رگرسیون رابطه‌ی بین زی‌توده قسمتِ بالای درختچه با چهار متغیرِ مستقل شامل قطر یقه، قطر در ۳۰ سانتی‌متری ساقه، ارتفاع تاج و قطر تاج در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول، در اکثر مدل‌ها سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ است؛ اما رابطه‌ی توانی زی‌توده با قطر ساقه در ۳۰ سانتی‌متری و رابطه‌ی خطی زی‌توده با ارتفاع تاج بیشترین $R^2$ را دارند (۰/۹۸) که بین این دو مدل، مدل توانی قطر ساقه در ۳۰ سانتی‌متری درجه‌ی آزادی بیشتری نسبت به مدل خطی ارتفاع تاج دارد. هم‌چنین ابر نقاط و خطوط برازش شده مدل‌های مذکور در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است که در شکل ۳ نسبت به سایر شکل‌ها نقاط بیشتری بین خطوط قرار گرفته‌اند. با توجه به جدول و شکل، بهترین مدل برای زی‌توده، مدل توانی بین زی‌توده و قطر ساقه در ۳۰ سانتی‌متری است.

$$AGB^{[3]} = 139.3d_{30}^{1.263}$$

$d_{30}$: قطر ساقه‌ی درختچه در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری

با داشتن زی‌توده (وزن خشک) قسمت‌های هوایی و ریشه، نسبت زی‌توده ریشه به زی‌توده قسمت بالا (برگ و تنه) محاسبه شد. نسبت زی‌توده ریشه به قسمت بالایی ۲۴ درصد بود. با داشتنِ محتوایِ کربنِ نمونه‌های زی‌توده‌ی ریشه و قسمت بالایی (به روش کوره و رابطه ۱) از یک طرف و مقدار زی‌توده از طرف دیگر و به دست آوردن نسبت این دو، ضریب تبدیل زی‌توده به کربن محاسبه شد. این ضریب برای قسمت فوقانی درختچه ۴۲ درصد و ریشه درختچه ۳۹ درصد به دست آمد. به عبارتی برای محاسبه‌ی کربن، زی‌توده‌ی محاسبه شده برای قسمت‌های بالا و ریشه به ترتیب در ۴۲ و ۳۹ درصد ضرب می‌شوند.

**جدول ۲.** نتیجه تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد کل زی‌توده بخش فوقانی درختچه‌ها

| متغیر مستقل (cm) | نوع مدل | $R^2$ adj | F | sig | Std.error | معادله زی‌توده (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قطر یقه | خطی | 0.94 | 85.65 | 0.001 | 73.362 | $AGB = 151.19x - 218.82$ |
| | لگاریتمی | 0.91 | 51.738 | 0.02 | 93.041 | $AGB = 710.912\ln(x) - 556.023$ |
| | توانی | 0.91 | 56.991 | 0.002 | 0.197 | $AGB = 39.897x^{1.579}$ |
| | نمایی | 0.84 | 28.271 | 0.006 | 0.217 | $AGB = 91.103e^{0.321x}$ |
| قطر در ۳۰ سانتی | توانی | 0.98 | 243.57 | 0.00 | 0.098 | $AGB = 139.3x^{1.263}$ |
| | نمایی | 0.95 | 115.558 | 0.00 | 0.141 | $AGB = 99.128e^{0.537x}$ |
| ارتفاع تاج | خطی | 0.98 | 250.896 | 0.00 | 43.508 | $AGB = 12.032x - 432.89$ |
| | لگاریتمی | 0.95 | 103.505 | 0.001 | 66.994 | $AGB = 938.06\ln(x) - 3540.32$ |
| | نمایی | 0.88 | 39.71 | 0.03 | 0.233 | $AGB = 57.482e^{0.0256x}$ |
| قطر بزرگ تاج | نمایی | 0.84 | 27.163 | 0.06 | 0.275 | $AGB = 90.756e^{0.0152x}$ |

x : متغیر مستقل مربوطه

## بحث

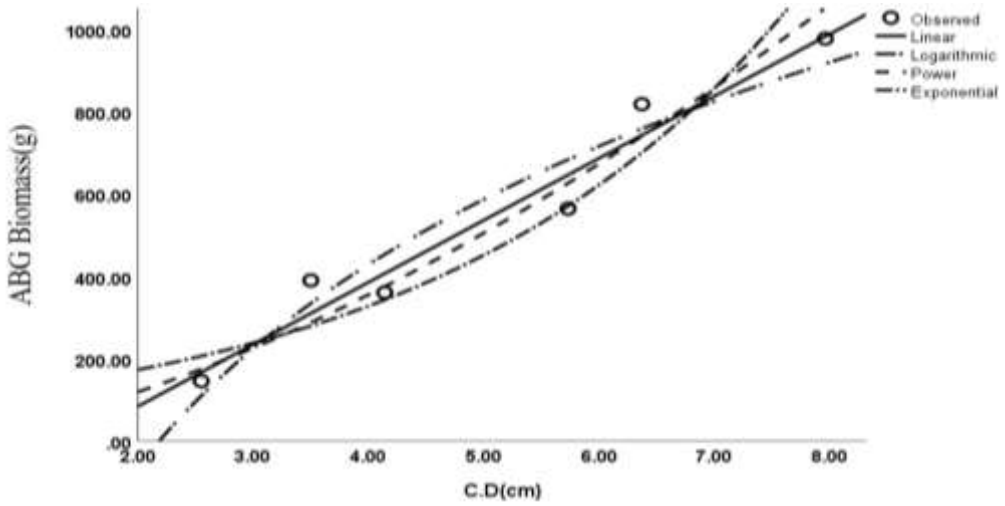
نتایج مطالعه حاضر با مطالعات انجام شده روی جنس *Avicennia* و گونه *A. marina* در مناطق اقلیمی و اکولوژیکی مختلف و هم‌چنین با گونه‌ی بالغ *A. marina* در ایران و منطقه‌ی مورد مطالعه (نایبند) مقایسه شد. با توجه به جدول، اکثر مطالعات رشدسنجیِ جنسِ *Avicennia* بر اساس قطر برابر با سینه (DBH) انجام شده است؛ اما مطالعه رشدسنجی گونه‌ی مذکور در ایران در جزیره سیری با تاج پوشش و در خلیج نایبند با قطر یقه رابطه‌ی خوبی نشان داده است. دلیل این‌که قطر برابر با سینه مطالعه نشده است، همان‌طور که گفته شد چند شاخه بودن درختان حرا در ایران است. همان‌گونه که در جدول ۲

[3] Aboveground Biomass

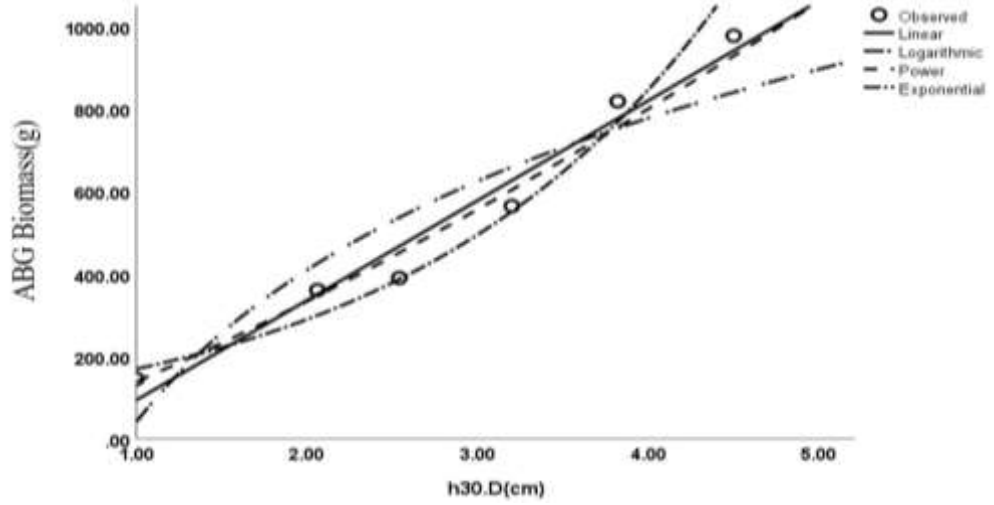


[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]




**شکل ۲.** ابر نقاط و منحنی برازش شده برای برآورد وزن خشک قسمت فوقانی (ABG) درختچه (گرم) با استفاده از قطر یقه ($CD^4$)




**شکل ۳.** ابر نقاط و منحنی برازش شده برای برآورد وزن قسمت فوقانی (ABG) درختچه (گرم) با استفاده از قطر ساقه در ۳۰ سانتی‌متری

مشخص است، روابط رشدسنجی گذشته از این‌که در گونه‌های مختلف جنس *Avicennia* متفاوت است، در گونه *A. marina* نیز در مناطق مختلف تا حدودی متفاوت است. رشدسنجیِ گونه‌ی مذکور در ایران با سایر نقاط دنیا به دلیل تفاوت مورفولوژیکی درخت حرا کاملاً متفاوت است. در منطقه سیری تاج پوشش و در نایبند قطر یقه رابطه بهتری با زی‌توده داشته‌اند. هم‌چنین روابط رشدسنجی درخت و درختچه‌ی گونه‌ی مذکور در یک منطقه (منطقه‌ی نایبند) نیز متفاوت بوده است (مطالعه حاضر و مطالعه Ghasemi و همکاران 2016).

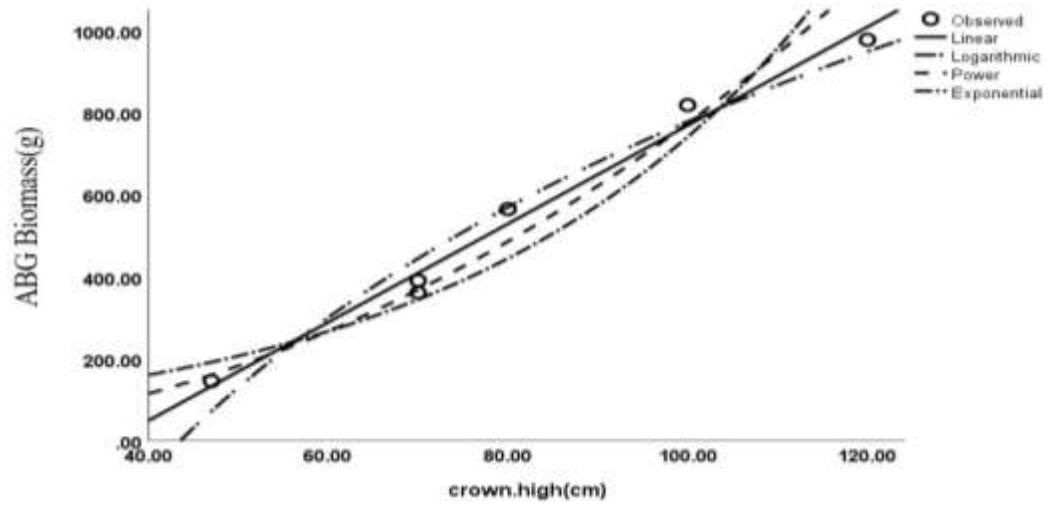
بخش زیادی از جنگل مانگرو نایبند را درختچه‌ها و یا به عبارتی درختان زیر ۱/۳ متر تشکیل می‌دهند؛ بنابراین بخش زیادی از زی‌توده و کربن اکوسیستم در این درختچه‌ها ذخیره شده است. از طرفی با توجه به تفاوت سرعت رشد در سنینِ مختلفِ مانگرو، قطعاً معادلات رشد و رشدسنجی متفاوت خواهد بود، همچنان که مدل رشدسنجی به دست آمده برای درختان حرای این منطقه توسط Ghasemi و همکاران در 2016 یک مدل نمایی با متغیر مستقل قطر یقه $AGB = 9498/05 + e^{0/76d}$ بوده است (Ghasemi *et al.*, 2016). درحالی‌که مدل رشدسنجی به دست آمده برای درختچه‌ی حرا در منطقه مذکور در مطالعه‌ی حاضر یک مدل توانی با متغیرِ مستقلِ قطرِ ساقه در ۳۰ سانتی‌متری $ABG = 139.3d_{30}^{1.263}$ به دست آمد. به عبارتی قطر ساقه

[4] Collar diameter

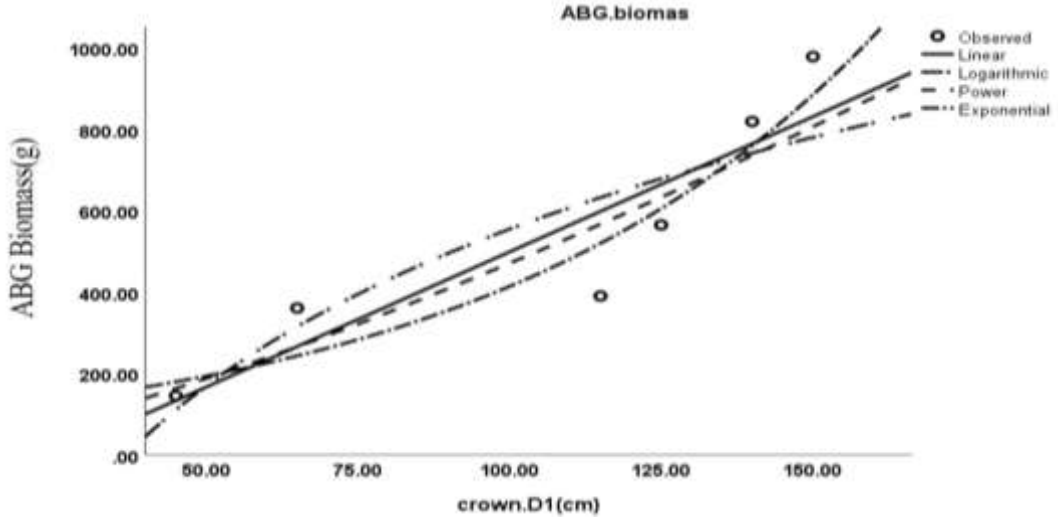


[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]




**شکل ۴.** ابر نقاط و منحنی برازش شده برای برآورد وزن خشک قسمت فوقانی (ABG) درختچه (گرم) با استفاده از ارتفاع تاج




**شکل ۵.** ابر نقاط و منحنی برازش شده برای برآورد وزن خشک بالای قسمت فوقانی (ABG) درختچه (گرم) با استفاده از قطر تاج

در ۳۰ سانتی‌متری و معادله‌ی توانی بهترین رابطه را با مقادیر زی‌توده درختچه‌ی حرا برقرار می‌کند. مدل به دست آمده در مطالعه حاضر، قابل استفاده در مطالعات آتی برآوردِ زی‌توده و برآوردِ کربن گونه‌ی حرا در جنگل نایبند و در مناطقِ با شرایطِ اکولوژیکی و اقلیمی مشابه آن می‌باشد.

نسبت زی‌توده‌ی ریشه به زی‌توده‌ی بخشِ فوقانی درختچه، ۲۴ درصد به دست آمد. در مقایسه با نسبت مذکور در گونه‌ی بالغ حرای منطقه ۲۰ درصد (Ghasemi *et al.*, 2016) این نسبت بیشتر و یا به عبارتی نسبت وزنِ ریشه به وزنِ کل در درختچه‌ها بیشتر از درختانِ بالغ است که نشان می‌دهد رشدِ زی‌توده‌ی بخش فوقانی در سنینِ بالاتر سریع‌تر می‌شود و برخلاف آن، رشدِ ریشه در سنین بالاتر به نسبتِ سنینِ اولیه کندتر می‌شود. این نسبت (۲۴ درصد) در مطالعات آتی جهت برآورد زی‌توده ریشه درختچه‌ها قابل استفاده خواهد بود.

ضریب تبدیل زی‌توده به کربن برای قسمت فوقانی درختچه ۴۲ درصد و برای ریشه درختچه ۳۹ درصد به دست آمد. این ضریب مشابه حرای بالغ در منطقه مذکور است در حالی که این ضریب در سایر مطالعات دنیا ۵۰-۴۶ درصد پیشنهاد شده است (Howard *et al.*, 2014) که نشان می‌دهد درختان مانگرو سایر مناطق نسبت به گونه‌ی حرای نایبند درصد و محتوای کربن بیشتری در زی‌توده قسمت فوقانی و ریشه‌ی خود داشته‌اند.



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

**جدول ۲.** مقایسه مدل‌های رشدسنجی به دست آمده در گونه‌های مختلف جنس *Avicennia* در نقاطِ مختلفِ دنیا و ایران، با مطالعه‌ی حاضر.

| نام گونــه | معادله | R2 | منطقه جغرافیایی | منبع |
|---|---|---|---|---|
| *A. germinans* | ln(AGB) = 4.9416 + 2.4000*ln(DBH) | 0.97 | فرانسه | Fromard *et al.*, 1998 |
| *A. germinans* | ln(AGB) = 5.3226 + 2.3023 * ln(DBH) | 0.97 | مکزیک | Day *et al.*, 1987 |
| *A. germinans* | ln(AGB) = 5.9982 + 1.9340 * ln(DBH) | 0.95 | آمریکا | Smith and Whelan, 2006 |
| *A. germinans* | ln(AGB) = 4.3197 + 2.6410 * ln(Height) | 0.92 | آمریکا | Smith and Whelan, 2006 |
| *A. schaueriana* | ln(AGB) = 4.8881 + 0.8298 * ln(DBH2 * Height) | 0.84 | برزیل | Medeiros and Sampaio, 2008 |
| *A. schaueriana* | ln(AGB) = 5.4420 + 2.0685 * ln(DBH) | 0.78 | برزیل | Medeiros and Sampaio, 2008 |
| *A. marina* | ln(AGB) = 5.1794 + 2.2990 * ln(DBH) | 0.97 | استرالیا | Clough *et al.*, 1997 |
| *A. marina* | ln(AGB) = 5.5510 + 2.1530 * ln(DBH) | 0.92 | سریلانکا | Amarasinghe and Balasubramaniam, 1992 |
| *A. marina* | ln(AGB) = 4.2713+1.7930*ln(Height) + 0.7770* | 0.54 | عربستان | Abohassan *et al.*, 2012 |
| *A. marina* | $Ws= -17.217 +18.346.CD- 4.915.CD^2+ 0.521.CD^3$ | 0.96 | ایران، جزیره سیری | Parvaresh *et al.*, 2012 |
| *A. marina* | $AGB =9498/05+e^{0/76d}$ | 0.99 | ایران، خلیج نایبند | Ghasemi *et al.*, 2016 |
| *A. marina* | $AGB = 139.3d_{30}^{1.263}$ | 0.98 | ایران، خلیج نایبند | مطالعه حاضر |

ABG زی‌توده بخش بالایی درخت، DBH قطر برابر با سینه، Height ارتفاع درخت، Ws زی‌توده ساقه، CD قطر تاج پوشش، d قطر یقه. $d_{30}$ قطر در ۳۰ سانتی‌متری

## منابــع


Abohassan, R.A.A., Okia, C.A., Agea, J.G., Kimondo, J.M., McDonald, M.M. 2012. Perennial biomass production in arid mangrove systems on the Red Sea coast of Saudi Arabia. Environmental Research Journal. 6: 22-31.

Ahmadi, Z., Hoveidi, H. 2015. Mangrove forest area change monitoring using remote sensing in Nayband National Park, the Persian Gulf. International Conference on Environmental Science, Engineering and Technologies. May 2015. University of Tehran.

Alongi, D. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests Cambridge University Press, Edinburgh Bldg, Shaftesbury Rd, Cambridge, CB2 2RU, UK, [mailto: journals_subscriptions@cup.org][URL:http://www.uk.cambridge.org/journals/pmu]. doi:10.1017/S0376892902000231

Alongi, D. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. Estuarine Coastal and Shelf Science. 76: 1-13.

Amarasinghe, M.D., Balasubramaniam, S. 1992. Net primary productivity of two mangrove forest stands on the Northwestern coast of Sri Lanka. Hydrobiologia. 247: 37-47.

Amira, S. 2008. An estimation of Rhizophora apiculata. biomass in mangrove forest in Batu Ampar Kubu Raya Regency, West Kalimantan. Undergraduate Thesis, Bogor Agricultural University, Indonesia.

Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C., Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs. 81(2): 169-193.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia. 145: 87-99.

Clough, B.F., Dixon, P., Dalhaus, O. 1997. Allometric relationships for estimating biomass in multi-stemmed mangrove trees. Australian Journal of Botany. 45: 1023-1031.

Clough, B.F., Scott, K. 1989. Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species. Forest Ecology and Management. 27: 117-127.




[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

Cole, T.G., Ewel, K., Devoe, N.N. 1999. Structure of mangrove trees and forests in Micronesia. Forest Ecology and Management. 117: 95-109.
Comley, B.W.T., McGuinness, K.A. 2005. Above- and below-ground biomass, and allometry of four common northern Australian mangroves. Australian Journal of Botany. 53: 431-436.
Coronado-Molina, C., Day, J.W., Reyes, E., Perez, B.C. 2004. Standing crop and aboveground biomass partitioning of a dwarf mangrove forest in Taylor River Slough, Florida. Wetlands Ecology and Management. 12(3): 157-164.
Day Jr., Conner, J.W., W.H., Ley-Lou, F., Day., R.H., Navarro, A.M. 1987. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Terminos, Mexico. Aquatic Botany. 27: 267-284.
Day, J.W., Coronado-Molina, C., Vera-Herrera, F.R., Twilley, R., Rivera-Monroy, V.H., Alvarez-Guillen, H., Day, R., Conner, W. 1996. A 7-year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. Aquatic Botany. 55: 39-60.
Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J. L., Cadamuro, L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. Oecologia. 115: 39-53.
Ghasemi, A., Fallah, A., Shattaii Joibary. Sh. 2016. Allometric equations for estimating standing biomass of Avicennia marina in Bushehr of Iran. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University. 66(2): 691- 97.
Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleo Limnology. 25: 101-110.
Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. 2014. Coastal blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, 118 Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia.
Imbert, D., Rollet, B. 1989. Phytmassaerienne et production primaire dans la mangrove du Grand Cul-de-sac Marine (Guadeloupe, Antilles francaises). Bulletin of Ecology. 20: 27–39.
Kathiresan, K. 2012. Importance of Mangrove Ecosystem. International Journal of Marine Science. 2(10): 70-89.
Kauffman, J., Donato, D. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry. Retrieved February 19, 2014 from http://www.amazonico.org/speclab/SiteAssets/SitePages/Methods/Mangrovebiomass-CIFOR.pdf
Kauffman, J.B., Cole, T. 2010. Micronesian mangrove forest structure and tree response to a severe typhoon. Wetlands. 30: 1077-1084.
Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T.G., Dwire, K.A., Donato, D.C. 2011. Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. Wetlands. 31: 343-352.
Komiyama, A., Ong, J.E., Poungparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. Aquatic Botany. 89: 128-137.
Lar Consulting Engineers, 2006. Park Management Plant of Naiband National Park, Boushehr Province Environmental Protection Department General. 1: 1-10 to 7-19.
Medeiros, T.C.C., Sampaio, E.V.S.B. 2008. Allometry of aboveground biomasses in mangrove species in Itamaraca´, Pernambuco, Brazil. Wetlands Ecology and Management. 16: 323-330.
Ong, J.E., Gong, W.K., Wong, C.H. 2004. Allometry and partitioning of the mangrove, Rhizophora apiculata. Forest Ecology and Management. 188: 395-408.
Parvaresh, H., Parvaresh, E., Zahedi, G. 2012. Establishing Allometric Relationship Using Crown Diameter for the Estimation of Above-Ground Biomass of Grey Mangrove, Avicennia Marina (Forsk) Vierh in Mangrove Forests of Sirik, Iran. Journal of Basic and Applied Scientific Research. 2(2): 1763-1769.
Putz, F.E., Chan, H.T. 1986. Tree growth, dynamics, and productivity in a mature mangrove forest in Malaysia. Forest Ecology and Management. 17: 211-230.
Ross, M.S., Ruiz, P.L., Telesnicki, G.J., Meeder, J.F. 2001. Estimating above-ground biomass and production in mangrove communities of Biscayne National Park, Florida (USA). Wetlands Ecology and Management. 9(1): 27-37.



[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]

Smith III, T.J., Whelan, K.R.T. 2006. Development of allometric relations for three mangrove species in South Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. Wetland Ecology and Management. 14: 409-419.

Twilley, R.R., Chen, R.H., Hargis, T. 1992. Carbon Sinks in Mangroves and Their Implications to Carbon Budget of Tropical Coastal Ecosystems. Water Air and Soil Pollution. 64: 265-288.

Woodroffe, C.D. 1985. Studies of a mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand: I. Mangrove biomass and production of detritus. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 20(3): 265-280.

Yee, S. M. 2010. REDD and BLUE carbon: Carbon payments for mangrove conservation. (MAS Marine Biodiversity and Conservation Capstone Project). San Diego, CA: University of California, San Diego.

[ Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.3.6 ]