فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦٢٠-٦٠٩، (۱۳۹۰)

زی‌توده و شاخص سطح برگ داغداغان (*Celtis caucasica* Willd.) در جنگل شهری تایلهٔ سنندج

مهدی پورهاشمی[۱*]، سعیده اسکندری[۲]، مریم دهقانی[۳]، ترلان نجفی[٤]، اکرم اسدی[٤] و پریسا پناهی[٥]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران. پست الکترونیک: pourhashemi@rifr-ac.ir
۲- دانشجوی دکترای جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۳- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.
٤- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
٥- مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/٤/٥

چکیده

جنگلهای شهری از جمله اکوسیستم‌هایی هستند که به‌دلیل کارکردهای متنوع اکولوژیکی و زیست‌محیطی خود از اهمیت فراوانی برخوردارند، بنابراین مطالعهٔ شاخص‌های مختلف اکولوژیکی در جنگل‌داری شهری از اولویت خاصی برخوردار است. این پژوهش با هدف تعیین زی‌توده و شاخص سطح برگ داغداغان (*Celtis caucasica* Willd.) در یکی از قدیمی‌ترین و باارزش‌ترین جنگلهای شهری شهرستان سنندج به‌نام جنگل تایله با وسعت ۱/۷ هکتار اجرا شد. ابتدا با استفاده از روش آماربرداری صددرصد، کلیهٔ درختان شماره‌گذاری شده و متغیرهای کمی آنها اندازه‌گیری شدند. از روش مستقیم جمع‌آوری برگ از تاج درختان برای تعیین شاخص‌های اکولوژیک مورد مطالعه استفاده شد. برای هر درخت، برگهای یک‌چهارم تاج جمع‌آوری، توزین (وزن تر) و پس از طی مراحل خشک کردن در آزمایشگاه، وزن خشک آنها محاسبه و به کل درخت تعمیم داده شد. برای محاسبهٔ شاخص سطح برگ نیز از روش وزنی استفاده شد و پس از اندازه‌گیری سطح ۵ عدد برگ از هر درخت با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج و تعیین وزن خشک آنها، نسبت سطح به وزن برگها محاسبه و با توجه به مقدار زیتودهٔ برگ محاسبه شده، شاخص سطح برگ بدست آمد. علاوه بر موارد یادشده، روابط آلومتریک شاخص‌های یادشده با استفاده از رگرسیون چندمتغیره به شیوهٔ گام به گام محاسبه شد. براساس نتایج، متوسط زی‌توده، سطح ویژه و شاخص سطح برگ درختان داغداغان به‌ترتیب برابر ۳۷ کیلوگرم، ۱۰۳/۵ سانتی‌متر مربع بر گرم و ۳/۷ بدست آمد. در بررسی روابط آلومتریک نیز مشخص شد که تأثیرگذارترین متغیر بر زی‌تودهٔ برگ، متغیر ترکیبی مجذور قطر برابرسینه در ارتفاع درخت (با ضریب تبیین ۰/٦۹) و برای شاخص سطح برگ، جذر قطر برابرسینه (با ضریب تبیین ۰/۷۲) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جنگل شهری تایله، داغداغان، زی‌تودهٔ برگ، شاخص سطح برگ، روابط آلومتریک.

مقدمه

جنگلهای شهری یکی از باارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی هستند که به‌دلیل ارتباط مستقیم با انسان و نیز کارکردهای متنوع از قبیل زیبایی منظر، کاهش انواع آلودگیها، تولید اکسیژن و تلطیف هوای محیط ارزش قابل‌توجهی دارند (هیبرد، ۱۳۷٤؛ خلدبرین، ۱۳۷٤؛ پناهی و همکاران، ۱۳۸۲). حفظ، نگهداری، ترمیم مشکلات درختان شهری و اصلاح ساختار آنها از جمله مباحث مهمی هستند که در مدیریت جنگلهای شهری توجه خاصی به آنها شده و لازمهٔ آنها آگاهی از وضعیت درختان و پایش شاخص‌های مختلف اکولوژیک در این محیط‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

است. از جمله شاخص‌های اکولوژیک که فقدان اطلاعات مربوط به آن در داخل کشور به‌ویژه در جنگلهای شهری به‌خوبی مشهود است، آگاهی از توان تولید زی‌توده و شاخص سطح برگ گونه‌های مختلف چوبی است. اهمیت بررسی زی‌توده در اکوسیستم‌های جنگلی به این دلیل است که میزان آن بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان می‌باشد. اندازه‌گیری زی‌تودهٔ یک درخت شامل اندازه‌گیری اجزای مختلف درخت یعنی تنه، شاخه، گل، میوه، برگ و ریشه می‌باشد که در این میان نقش زی‌تودهٔ برگ به‌دلیل انجام عمل فتوسنتز و تولید مادهٔ آلی و همچنین برگشت سالانهٔ عناصر در جریان چرخهٔ بیولوژیک مواد بین بخش زنده و غیرزندهٔ اکوسیستم از درجهٔ اهمیت بیشتری برخوردار است (عدل، ۱۳۸۶). با توجه به این که ارزشهای اکولوژیک درختان در جنگلهای شهری از اولویت خاصی برخوردار است، بررسی زی‌تودهٔ برگی که هر ساله به خاک افزوده شده و می‌تواند در فرایند اصلاح و بهبود کیفیت خاک نقش اساسی داشته باشد، حائز اهمیت فراوان است. شاخص اکولوژیک دیگری که به‌عنوان یک متغیر کلیدی در فرایندهای بیولوژیک گیاهان محسوب می‌شود، سطح برگ است، زیرا سطح اصلی تبادل ماده و انرژی بین تاج درختان و اتمسفر می‌باشد (Eriksson *et al.*, 2005). با اندازه‌گیری سطح برگ، امکان برآورد مشخصه‌هایی مانند ساختار تاج (Welles & Norman, 1991) و قابلیت باروری تاج (Dantec *et al.*, 2000) میسر می‌گردد. نقش و اهمیت این شاخص در ارتباط و وابستگی آن با بسیاری از فرایندهای اکولوژیک مانند میزان فتوسنتز و تبخیر و تعرق، تولید خالص اولیه و ضریب تبادل انرژی بین گیاهان و اتمسفر آشکار می‌شود (Botkin, 1986; Pierce & Running, 1988; Gholz *et al.*, 1991).

توجه به این نکته ضروریست که اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده و شاخص سطح برگ درختان فرایندی دشوار، وقت‌گیر و هزینه‌بردار است که نیاز به جمع‌آوری برگ درختان به‌طور مستقیم از تاج درخت (نمونه‌برداری تخریبی؛ Destructive sampling) و یا با استفاده از تله‌های برگ و توزین آنها دارد. البته لازم به‌ذکر است که امروزه در اغلب کشورها برای محاسبهٔ شاخص سطح برگ از روشهای غیرمستقیم مانند استفاده از دوربین‌های ویژه و بررسی انعکاس طیف نوری در تصاویر ماهواره‌ای و یا عکس‌های هوایی استفاده می‌شود که دقت خوبی داشته و ساده‌تر از روشهای مستقیم هستند، ولی در ایران به‌دلیل نوپا بودن این گونه پژوهش‌ها در عرصه‌های منابع طبیعی و فقدان وسایل و تجهیزات، برآورد غیرمستقیم شاخص سطح برگ در عمل با مشکل جدی روبروست (عدل، ۱۳۸۶). بنابراین در این پژوهش نیز از روش مستقیم استفاده شد. از سوی دیگر باید به این نکته توجه داشت که انتخاب روشی مناسب برای برآورد زی‌توده و شاخص سطح برگ بدون آن که هرساله نیاز به جمع‌آوری برگ درخت باشد، همواره مدنظر محققان بوده که در حال حاضر این مهم از طریق روابط رگرسیونی بدست آمده از آلومتری گونه‌های مختلف ممکن شده است (Marshall & Waring, 1986; Martens *et al.*, 1993; Nowak, 1996; Chave *et al.*, 2005). با توجه به موارد یادشده و این که در داخل کشور تاکنون مطالعه‌ای در مورد شاخص‌های اکولوژیک اشاره شده و بررسی اهمیت آنها در جنگلهای شهری انجام نشده، در این پژوهش برای اولین بار زی‌توده و شاخص سطح برگ در جنگل شهری تایلهٔ شهرستان سنندج مطالعه و سعی شد تا مقدار این شاخص‌ها و روابط آلومتریک آنها محاسبه شود. از آن جا که شهرستان سنندج در یک منطقهٔ کوهستانی واقع شده و به‌دلیل روند رو به رشد جمعیت در این شهر، ارزش و فواید فضاهای سبز شهری بیش از پیش مورد توجه کارشناسان و مسئولان قرار گرفته و با توجه به این که به‌دلیل وجود تودهٔ نسبتاً خالصی از گونهٔ داغداغان (*Celtis caucasica* Willd.) که اغلب میانسال و مسن هستند، از مهمترین فضاهای سبز شهرستان سنندج

Archive of SID

www.SID.ir

محسوب می‌شود، جنگل شهری تایله برای این تحقیق انتخاب شد.

مطالعات متعددی در نقاط مختلف دنیا در مورد اندازه‌گیری زی‌توده و شاخص سطح برگ گونه‌های درختی و درختچه‌ای انجام شده که برخی از آنها در جنگلهای شهری بوده است. Peper & McPherson (1998) دقت ۵ روش اندازه‌گیری شاخص سطح برگ را در سایت تحقیقاتی جنگل شهری Solano ایالت کالیفرنیای شمالی آمریکا برای دو گونهٔ *Morus alba* و *Prunus serotina* var. *rufula* مورد بررسی قرار دادند. Karlik & McKay (2002) زی‌توده و شاخص سطح برگ گونهٔ *Quercus douglasii* را در جنگلهای بلوط کالیفرنیا با استفاده از روابط آلومتریک و روش حجمی برآورد کردند. Khan *et al.* (2005) از روابط آلومتریک برای برآورد زی‌تودهٔ اندام‌های هوایی و شاخص سطح برگ جنگلهای مانگرو استفاده کردند. Salis *et al.* (2006) براساس روابط آلومتریک، زی‌تودهٔ اندام‌های هوایی گونه‌های چوبی ساوانا را در برزیل مطالعه کردند. DeRose & Seymour (2010) شاخص سطح برگ توده‌های همسال *Abies balsamea* و *Picea rubens* بخشی از جنگلهای آمریکا را در مراحل مختلف تکاملی توده بررسی نمودند. De Rijcke (2011) تغییرات پوشش گیاهی منطقه مدیترانه را طی سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ به‌کمک شاخص سطح برگ و زی‌توده بررسی نمود.

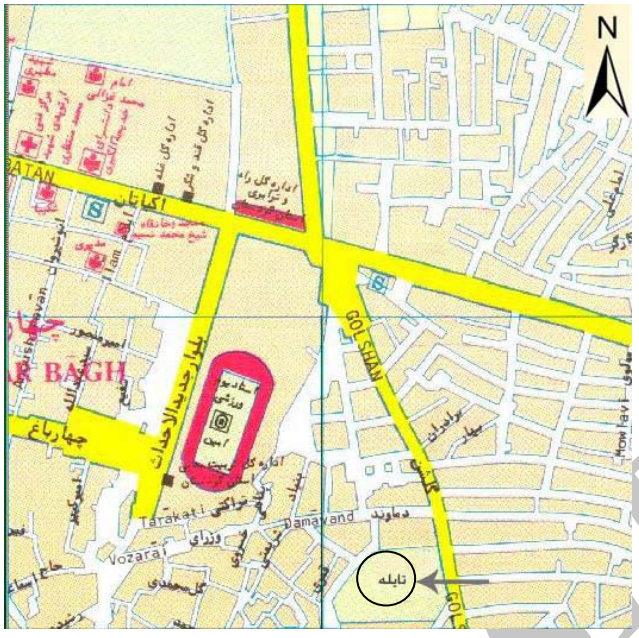
در داخل کشور، نتایج پژوهش انجام شده توسط بردبار و مرتضوی جهرمی (۱۳۸۵) در جنگل‌کاریهای اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و آکاسیا (*Acacia salicina*) در استان فارس نشان داد که درختان ۳۰ سالهٔ اکالیپتوس در رویشگاه نسبتاً حاصل‌خیز، ۲۰/۵ تن و درختان ۲۸ سالهٔ آن در رویشگاه ضعیف ٤/٤ تن زی‌توده تولید نموده‌اند. درختان ۲۸ سالهٔ آکاسیا نیز در رویشگاه ضعیف ٤/۳ تن تولید زی‌توده داشته‌اند. یک درصد مقدار زی‌توده در هر دو گونه متعلق به برگها بوده است. عدل (۱۳۸٦)، متوسط زی‌توده برگ دو گونهٔ بنه (*Pistacia atlantica*) و بلوط ایرانی (*Q. brantii*) را در جنگلهای یاسوج به‌ترتیب ۵۷/۲ و ۱۳۱۷/۳ کیلوگرم در هکتار و متوسط شاخص سطح برگ در هکتار جنگل مورد مطالعه را حدود ۱/۲ بدست آورد. خادمی و همکاران (۱۳۸۸)، زی‌تودهٔ اندام‌های مختلف درختان شاخه‌زاد اوری (*Q. macranthera*) در جنگل اندبیل خلخال را در طول دورهٔ رشد (١٤ سال) به‌طور متوسط ۲۳/٤ تن در هکتار محاسبه نمودند. همچنین پس از بررسی روابط آلومتریک مشخص شد که بین سطح مقطع، قطر برابرسینه و ارتفاع با مقدار زی‌توده‌ی اندام‌های هوایی، همبستگی مناسبی وجود دارد. خادمی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی دیگر، میزان سالیانهٔ ذخیرهٔ زی‌تودهٔ برگ درختان اوری را در درصدهای مختلف تاج‌پوشش در منطقهٔ یادشده بین ۰/۰۱ تا ۰/۲۳ تن در هکتار محاسبه نمودند.

مواد و روشها

این تحقیق در جنگل شهری پیرمحمد کوسه (گورستان تایله) به مساحت ۱/۷ هکتار واقع در شمال‌غربی شهرستان سنندج (استان کردستان) انجام شد (شکل ۱). گونهٔ اصلی و غالب این جنگل داغداغان (*Celtis caucasica* Willd.) است که درختان آن سالیان قبل کاشته شده و امروزه تودهٔ نسبتاً خالصی از درختان میانسال و مسن را تشکیل می‌دهند. سایر گونه‌های درختی موجود در این جنگل نیز عبارتند از: اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) و اوجا (*Ulmus minor*).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی جنگل شهری تایله در شهرستان سنندج

کلیهٔ داده‌های مورد نیاز این پژوهش با استفاده از روش آماربرداری صددرصد بدست آمد. برای این منظور تمام درختان داغداغان شماره‌گذاری شده و مشخصه‌های کمی موردنظر شامل قطر برابرسینه (DBH)، قطر یقه (CD)، ارتفاع درخت (H)، طول تاج (CL)، قطر بزرگ تاج (CBD) و قطر کوچک تاج (CSD) اندازه‌گیری شدند. برای محاسبهٔ زی‌تودهٔ برگ از روش مستقیم چیدن برگ درختان در انتهای فصل رویش و توزین آنها استفاده شد. سطح تاج هر درخت به‌صورت یک دایرهٔ مثلثاتی در نظر گرفته شد و برای هر درخت کلیهٔ برگهای یک‌چهارم سطح تاج جمع‌آوری شدند. همچنین برای این که خطای آماربرداری از بین برود، جمع‌آوری برگها از یک درخت به درخت دیگر به‌صورت منظم انجام شد (عدل، ۱۳۸٦). برگهای جمع‌آوری شده بلافاصله با استفاده از ترازوی رقومی توزین (وزن تر) و سپس به آزمایشگاه منتقل شده و مقدار مشخصی از آنها به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ٦٥ درجه در داخل آون قرار داده شدند (فروزه، ۱۳۸۵؛ عدل، ۱۳۸٦). سپس برگها خارج شده و به‌مدت ۳۰ تا ٤٥ دقیقه در دسیکاتور قرار گرفتند تا خشک شوند و بار دیگر وزن شدند (وزن خشک). اعداد بدست آمده از یک چهارم سطح تاج تبدیل به کل (ضرب در ٤) شدند تا زی‌تودهٔ برگ هر درخت بدست آید. شاخص سطح برگ نیز به‌صورت مستقیم از طریق روش وزنی (Gravimetric Method) محاسبه شد (عدل، ۱۳۸٦). بدین منظور از قسمت‌های مختلف تاج هر درخت، تعداد ۵ عدد برگ جمع‌آوری و سطح برگ آنها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf area meter) اندازه‌گیری شد. سپس برگهای یادشده مطابق دستورالعملی که در بالا اشاره شد، در آون خشک شده و وزن خشک آنها بدست آمد. پس از محاسبهٔ سطح ویژه برگ (Specific leaf area= SLA) برحسب سانتی‌متر مربع بر گرم و دستیابی به رابطهٔ بین دو مؤلفهٔ آن، شاخص سطح برگ هر درخت و میانگین آن برای کل توده محاسبه شد. برای بررسی روابط آلومتریک بین زی‌توده و شاخص سطح برگ با متغیرهای کمی درخت، روش رگرسیون چندمتغیرهٔ خطی به‌شیوهٔ گام به گام مورد استفاده قرار گرفت (بی‌همتا و زارع چاهوکی،

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳۸۷). علاوه بر متغیرهای کمی اندازه‌گیری شده، متوسط قطر تاج (CLM)، لگاریتم مشخصه‌های کمی، مجذور و ریشهٔ آنها و ترکیب مختلف متغیرها شامل DBH×H، DBH^2×H، CBD×CSD، DBH×CL، CLM×H، CD×H، CD^2×H، CD×CL و CLM×CL نیز در محاسبات وارد شدند تا بهترین مدل بدست آید. کلیهٔ محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزارهای Excel و SPSS انجام شد.

نتایج

تعداد کل درختان داغداغان در جنگل شهری تایله ۵۸ پایه بود که دامنهٔ قطر برابرسینهٔ آنها بین ۱۰ تا ٦٢ سانتی‌متر متغیر بوده، ولی در طبقه‌های قطری ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری، درختی وجود نداشت. با توجه به این که فراوانی مورد انتظارِ بیش از ۲۰ درصد طبقه‌های قطری کمتر از ۵ بود، برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد و مشخص شد که داده‌ها نرمال هستند. آماره‌های توصیفی متغیرهای کمی مورد مطالعه و همچنین مقادیر شاخص‌های اکولوژیک محاسبه شده در جدولهای ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرهای کمی درختان داغداغان در جنگل شهری تایله

مشخصه	(انحراف معیار) میانگین	دامنه	معنی‌داری
قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۳۵ (٤/۲)	۱۰-٦۲	۰/۰٦٤ ns
قطر یقه (سانتی‌متر)	٤۱ (۳/۹)	۱۲-۷۳	۰/۰٦۹ ns
ارتفاع درخت (متر)	٦/۹ (۰/۸)	۳/٦-۹/۹	۰/۰٦٦ ns
طول تاج (متر)	۳/۷ (۰/٦)	۱-۵/۲	۰/۷۸۰ ns
قطر بزرگ تاج (متر)	۷/۹ (۱/٤)	۳/۳-۱۱/۵	۰/۱۸۷ ns
قطر کوچک تاج (متر)	۷/۲ (۱/۲)	۲/٤-۱۱	۰/۱۵۱ ns

ns: توزیع نرمال است

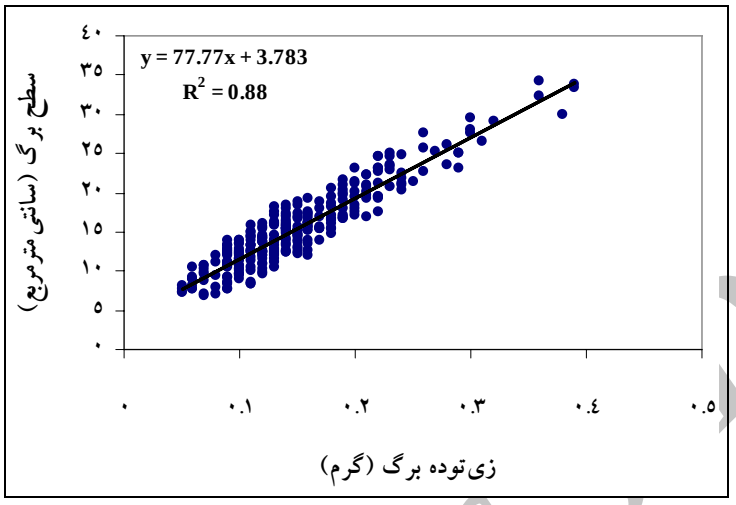
جدول ۲- مقادیر زی‌توده، سطح ویژه برگ و شاخص سطح برگ در جنگل شهری تایله (اعداد داخل پرانتز انحراف معیار هستند)

میانگین زی‌تودهٔ برگ درختان داغداغان (کیلوگرم)	زی‌توده برگ کل درختان داغداغان (کیلوگرم)	زی‌توده برگ درختان داغداغان در هکتار (کیلوگرم)	میانگین سطح ویژه برگ درختان داغداغان (سانتی‌متر مربع/ گرم)	میانگین شاخص سطح برگ درختان داغداغان
۳۷ (۵/۲)	۲۱٤٦	۱۲٦۲/۳۵	۱۰۳/۵ (۱۲/۳)	۳/۷

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل ۲ ابر نقاط زی‌توده و سطح برگهای اندازه‌گیری شده و رابطه رگرسیونی بین این دو متغیر با ضریب تبیین ۰/۸۸ ارائه شده است.



شکل ۲- رابطه بین زی‌توده و سطح برگ داغداغان در جنگل شهری تایله

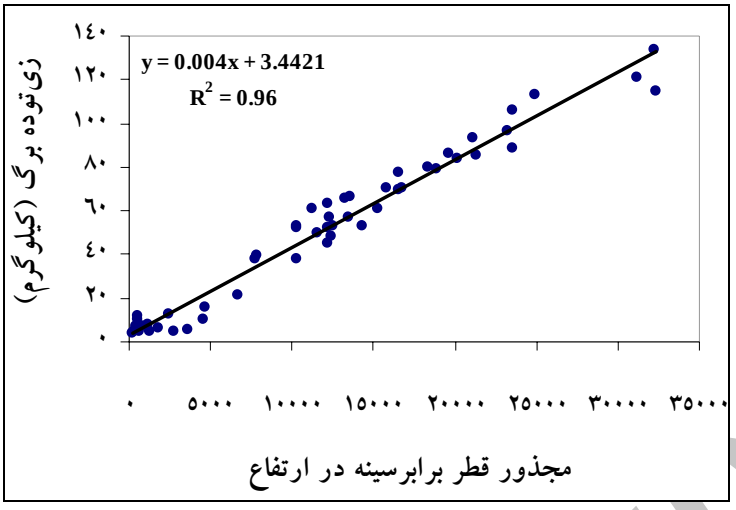
پس از محاسبه رگرسیون چندگانهٔ خطی، رابطهٔ آلومتریک ۱ برای محاسبهٔ زی‌تودهٔ برگ درختان داغداغان در جنگل شهری تایله بدست آمد (شکل ۳). همان‌طور که مشخص است، در رابطه ۱ متغیر ترکیبی مجذور قطر برابرسینه در ارتفاع درخت تأثیرگذارترین عامل بر مقدار متغیر وابستهٔ مورد بررسی بوده است. میزان R^2 بدست آمده از این رابطه بیانگر این است که ۹۶ درصد از تغییرات زی‌تودهٔ برگ به‌واسطهٔ متغیر ترکیبی یادشده تبیین می‌شود.

$$Y= 0.004\ X +3.4421 \qquad R^2=0.96 \qquad (۱)$$

که در آن: Y= زی‌تودهٔ برگ (کیلوگرم) و X= مجذور قطر برابرسینه (سانتی‌متر) × ارتفاع درخت (متر) می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

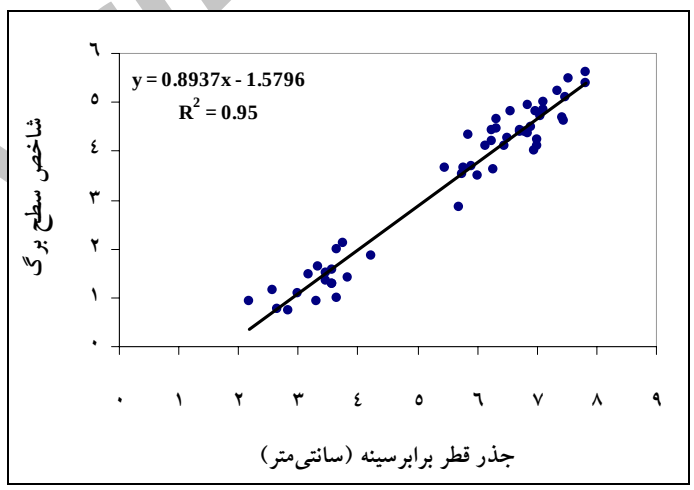


شکل ۳- ابر نقاط متغیر ترکیبی مجذور قطر برابرسینه در ارتفاع درخت با زی‌توده برگ درختان داغداغان

همچنین رابطهٔ آلومتریک ۲ برای تعیین شاخص سطح برگ درختان داغداغان در جنگل شهری تایله محاسبه شد (شکل ٤). براساس رابطه آلومتریک بدست آمده مشخص شد که تأثیرگذارترین متغیر بر این شاخص، جذر قطر برابرسینه است. ضریب تبیین بدست آمده از این رابطه (۰/۹۵) بیانگر دقت قابل قبول آن می‌باشد.

$$Y=0.8937\ X-1.5796 \qquad R^2=0.95 \qquad (۲)$$

که در آن: Y= شاخص سطح برگ و X= جذر قطر برابرسینه (سانتی‌متر) می‌باشد.



شکل ٤- ابر نقاط متغیر جذر قطر برابرسینه با شاخص سطح برگ درختان داغداغان

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

جنگلهای شهری به‌دلیل تولید زی‌تودهٔ قابل ملاحظه، نقش مهمی در ترسیب کربن جو، جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای، آزادسازی اکسیژن و اصلاح خاک دارند. همچنین طی فرایندهای اکولوژیک مختلف از قبیل تبخیر، تعرق و فتوسنتز که به‌طور مستقیم با سطح برگ در ارتباط هستند، بر محیط پیرامون خود اثر می‌گذارند. بنابراین همواره مطالعهٔ نقش اکولوژیک این جنگلها چه در یک مقطع خاص زمانی و چه پایش مداوم آن از اهمیت خاصی برخوردار است (Nowak, 1996; Peper & McPherson, 1998; Jensen & Hardin, 2005).

براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، مشخص شد که زی‌تودهٔ برگ ۵۸ اصله درخت داغداغان در جنگل شهری تایله حدود ۱۲۶۲ کیلوگرم در هکتار است. این مقدار در تحقیقی که توسط عدل (۱۳۸۶) در بخشی از جنگلهای طبیعی شهرستان یاسوج انجام شده، برای گونهٔ بلوط ایرانی ۱۳۱۷/۳ و برای گونهٔ بنه ۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است. با توجه به تعداد در واحد سطح دو گونهٔ بلوط ایرانی و بنه در جنگل مورد مطالعه (به‌ترتیب ۸۹/۹ و ۵ عدد) و مقایسهٔ آن با تعداد در هکتار درختان داغداغان در جنگل شهری تایله (۳٤/۱)، مشخص می‌شود که هر چند تعداد در هکتار درختان بلوط ایرانی بیش از دو برابر درختان داغداغان در این تحقیق است، اما مقدار زی‌تودهٔ برگی آنها به همین نسبت نیست. دلیل این امر مقادیر کمتر متغیرهای کمی (قطر برابرسینه، طول تاج، قطرهای بزرگ و کوچک تاج) درختان بلوط ایرانی در مقایسه با درختان داغداغان در این پژوهش است. همچنین در مورد گونهٔ بنه نیز تفاوت فاحش مقدار زی‌توده به‌دلیل تراکم کم این گونه در واحد سطح منطقهٔ مورد مطالعه بوده است. خادمی و همکاران (۱۳۸۹)، مقدار سالیانه ذخیرهٔ زی‌تودهٔ برگ درختان شاخه‌زاد ۱٤ سالهٔ اوری را در جنگل اندبیل خلخال برابر ٦۷۰ کیلوگرم در هکتار بدست آوردند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر می‌باشد. سن کمتر و ابعاد کوچک‌تر تاج درختان اوری در منطقهٔ مورد مطالعه می‌تواند دلیل اصلی این تفاوت باشد. در مطالعات خارج از کشور نیز Karlik & McKay (2002)، زی‌تودهٔ برگ گونهٔ *Q. douglasii* را در جنگلهای کالیفرنیا ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه نموده‌اند. در پژوهشی دیگر، متوسط زی‌تودهٔ برگ در هکتار در جنگل‌کاریهای گونهٔ *Q. pagoda* در آمریکا که تحت سه تیمار تنک کردن سنگین، تنک کردن سبک و بدون تنک کردن قرار گرفته بودند، ۲ سال پس از تنک کردن به‌ترتیب برابر ۲۱۱، ۲۸٤/۳ و ۲٤۳/۲ کیلوگرم بدست آمد (Stelzer *et al*., 2004).

شاخص اکولوژیک دیگری که در این پژوهش مطالعه شد، شاخص سطح برگ گونهٔ داغداغان است که مقدار متوسط آن ۳/۷ بدست آمد. لازم به توضیح است که میزان این شاخص به گونه، مراحل توسعه یا توالی جوامع گیاهی، فصول مختلف سال و به‌طور قوی به شرایط حاکم بر رویشگاه و اقدامات مدیریتی اعمال شده بر آن وابسته است. مجموعهٔ عوامل یادشده به‌همراه تفاوت در روشهای برآورد، سبب ایجاد دامنهٔ تغییرات زیادی در مقادیر محاسبه شدهٔ شاخص سطح برگ در گزارشهای علمی مختلف شده است (عدل، ۱۳۸٦). هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، امکان تبادلات گازی بین تاج درخت و اتمسفر افزایش می‌یابد. دامنهٔ تغییرات این شاخص براساس نتایج مطالعات منتشر شده از ۰/٤ برای گونهٔ *Q. petraea* تا ۱٤ برای گونهٔ *Pseudotsuga menziessi* گزارش شده است (عدل، ۱۳۸٦ به‌نقل از Jonckheere *et al*., 2004). Peper & McPherson (1998) مقدار این شاخص را برای گونهٔ *Morus alba* از ۰/۳۷ تا ٤/۲۵ و برای گونهٔ *Prunus serotina* var. *rufula* از ۰/٤۹ تا ۷/۵۷ بدست آوردند. Dufrêne & Bréda (1995) شاخص سطح برگ جنگلهای خزان کننده فرانسه را بین ۱/۷ تا ۷/۵ محاسبه نمودند. Karlik & McKay (2002) مقدار این شاخص را برای ۱٤ درخت نمونه از گونهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

Q. douglasii در جنگلهای کالیفرنیا برابر ٤/٤ و برای کل رویشگاه ۱/۸ برآورد کردند. از سوی دیگر همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در این پژوهش برای محاسبهٔ شاخص سطح برگ از روش وزنی به‌کمک برآورد سطح ویژهٔ برگ استفاده شد. سطح ویژهٔ برگ بیانگر این است که برای تولید هر واحد زی‌تودهٔ برگ چند واحد سطح برگ (واحد کسب نور) لازم است (Milla *et al.*, 2008)؛ به‌عبارت دیگر اشاره به ضخامت برگ دارد. انتخاب برگهای نمونه برای محاسبهٔ این شاخص از اهمیت فراوانی برخوردار است، زیرا برآورد نادرست سطح ویژهٔ برگ سبب می‌شود که شاخص سطح برگ محاسبه شده نیز با خطا همراه شود. به‌طور کلی برگهای قسمت‌های پایین تاج درختان، سطح ویژهٔ بیشتری در مقایسه با برگهای قسمت‌های بالایی تاج دارند، بنابراین اگر برگهای نمونه فقط از قسمت پایینی تاج جمع‌آوری شوند، شاخص سطح برگ محاسبه شده بیشتر از مقدار واقعی بدست خواهد آمد و به‌عکس (Eriksson *et al.*, 2005). برگهای نمونه در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن این موضوع از قسمت‌های مختلف تاج جمع‌آوری شدند تا خطای برآورد سطح ویژهٔ برگ کاهش یابد. بررسی ارتباط بین زی‌توده و سطح برگ درختان نمونه از طریق ترسیم ابر نقاط آنها و تعیین رابطه رگرسیونی نیز ارزش ویژه‌ای دارد (Eriksson *et al.*, 2005) و هرچه مدل بدست آمده دارای ضریب تبیین بیشتری باشد، دقت محاسبات افزایش خواهد یافت که در این تحقیق، مدل محاسبه شده دارای ضریب تبیین زیادی (۰/۸۸) بود.

امروزه استفاده از روابط آلومتریک (روش غیرمستقیم)، جایگاه و ارزش ویژه‌ای در مطالعات مربوط به شاخص‌های مختلف اکولوژیکی در اکوسیستم‌های جنگلی دارد، اما لازمهٔ آن این است که ابتدا با استفاده از روش مستقیم (قطع، توزین و خشک نمودن اندام‌های مختلف گیاهی) و همچنین اندازه‌گیری متغیرهای مختلف کمی درختان، داده‌های مورد نیاز فراهم شود تا بتوان در مراجعات بعدی (پایش شاخص‌های موردنظر) بدون نیاز به قطع درخت، از این روابط باارزش در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده نمود. تعیین روابط آلومتریک برای گونه‌های مختلف چوبی سبب می‌شود که در عین حال که صدمه‌ای به درخت وارد نمی‌گردد، بتوان شاخص‌های موردنظر را با سهولت و با دقت قابل قبول محاسبه نمود که در نتیجه می‌توان با صرف زمان و هزینهٔ کمتر به نتایج موردنظر دست یافت. در این پژوهش نیز سعی شد تا با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده، روابط یادشده برای برآورد ساده و راحت زی‌توده و شاخص سطح برگ گونهٔ داغداغان محاسبه شوند و مشخص شد که می‌توان با اندازه‌گیری دو متغیر قطر برابرسینه و ارتفاع درخت، با دقت قابل قبولی به این مهم دست یافت. چنین روابطی در پژوهش‌های مشابه انجام شده در داخل کشور و سایر کشورها نیز به دفعات بررسی شده‌اند. به‌عنوان مثال Nygren *et al.* (1993) ارتباط بین سطح مقطع عرضی شاخه با زی‌تودهٔ برگ و سطح برگ چند گونهٔ درختی را در درختان هرس شدهٔ یک سیستم اگروفارستری بررسی کردند و نتایج قابل قبولی بدست آوردند که روابط بدست آمده عمدتاً خطی بوده و از ضریب همبستگی زیادی برخوردار بودند. Nowak (1996) روابط آلومتریک را براساس قطر برابرسینه و مشخصه‌های تاج برای پیش‌بینی زی‌توده و شاخص سطح برگ درختان شهری خزان کننده شامل گونه‌های *Ulmus americana*، *Fraxinus pennsylvanica*، *Celtis occidentalis*، *Gleditsia tricanthos* و *Acer platanoides* توسعه داد و برای این منظور از متغیرهای قطر برابرسینه و قطر تاج درختان استفاده نمود. نتایج وی نشان داد که برآوردها براساس مشخصه‌های تاج قابل اعتمادتر هستند. در منابع خارجی دیگری نیز از روابط متنوع آلومتریک به‌منظور برآورد زی‌توده و شاخص سطح برگ گونه‌های مختلف استفاده شده و همواره سعی شده که از متغیرهایی مانند قطر برابرسینه که اندازه‌گیری آنها ساده‌تر است، استفاده شود

Archive of SID

www.SID.ir

Marshall & Waring, 1986; Martens *et al*., 1993; Peper & McPherson, 1998; Rapp *et al*., 1999; Regina, 2000; Williams & Gresham, 2004; Kalácska *et al*., 2004; Eriksson *et al*., 2005; Foroughbakhch *et al*., 2006; Salis *et al*., 2006; Williams & Gresham, 2006).

در داخل کشور، عدل (۱۳۸٦) یک رابطهٔ آلومتریک را برای برآورد زی‌تودهٔ برگ گونهٔ بنه با استفاده از متغیر قطر برابرسینه و یک رابطه رگرسیونی دیگر را برای گونهٔ بلوط ایرانی با استفاده از متغیر ترکیبی طول تاج و قطرهای بزرگ و کوچک تاج با دقت قابل قبول، ارائه داد. خادمی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در جنگلهای اندبیل خلخال، دو رابطهٔ خطی برای برآورد زی‌تودهٔ اندامهای هوایی گونهٔ اوری با استفاده از قطر برابرسینه (با ضریب تبیین ۰/٦۵) و ارتفاع درخت (با ضریب تبیین ۰/۵۸) بدست آوردند.

در پایان پیشنهاد می‌شود که در مطالعات مشابه در آینده، برای افزایش دقت روابط آلومتریک محاسبه شده، مشخصه‌های تاجی درختان از قبیل توان تاج (Crown vigor) و سایه‌اندازی (Shading factor) نیز اندازه‌گیری شده و در این روابط دخالت داده شوند. همچنین توصیه می‌شود که با توجه به نقش و جایگاه پوشش‌های گیاهی شهری در جذب دی‌اکسید کربن جو که همانا مهمترین کارکرد اکولوژیکی آنها به‌شمار می‌آید، نقش جنگل شهری تایله در ترسیب کربن جو نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- بردبار، س.ک. و مرتضوی جهرمی، م.، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیرهٔ کربن در جنگل‌کاریهای اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس. پژوهش و سازندگی، ۷۰: ۱۰۳-۹۵.
- بی‌همتا، م.ر. و زارع چاهوکی، م.ع.، ۱۳۸۷. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ صفحه.
- پناهی، پ.، زبیری، م.، حسینی، س.م. و مخدوم، م.، ۱۳۸۲. تعیین مناسبترین روش آماربرداری در جنگل‌داری شهری. مجلهٔ منابع طبیعی ایران، ۵٦ (۳): ۲۰۰-۱۹۱.
- خادمی، ا.، بابایی کفایی، س. و متاجی، ا.، ۱۳۸۸. بررسی مقدار زی‌توده و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگلهای شاخه‌زاد بلوط (مطالعهٔ موردی: جنگلهای منطقهٔ اندبیل خلخال). مجلهٔ جنگل ایران، ۱ (۱): ٦۷-۵۷.
- خادمی، ا.، بابایی کفایی، س. و متاجی، ا.، ۱۳۸۹. نقش جنگلهای شاخه‌زاد بلوط در ذخیرهٔ کربن و جذب Co_2 (مطالعهٔ موردی: جنگلهای اندبیل خلخال). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۲۵۲-۲٤۲.
- خلدبرین، ع.، ۱۳۷٤. فضای سبز، جنگل‌داری شهری- تغییر دیدگاه‌ها. فصلنامهٔ علمی آموزشی فضای سبز، ۹ و ۱۰: ٤۰-٤۳.
- عدل، ح.، ۱۳۸٦. برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دو گونهٔ عمده در جنگلهای یاسوج. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (٤): ٤۲٦-٤۱۷.
- فروزه، م.ر.، ۱۳۸۵. بررسی ترسیب کربن خاک و زی‌تودهٔ سرپای گونه‌های بوته‌ای غالب در منطقهٔ پخش سیلاب گربایگان فسا. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۳ صفحه.
- هیبرد، بی. جی.، ۱۳۷٤. جنگل‌داری شهری (ترجمه). انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، ۲٤۰ صفحه.
- Botkin, D.B., 1986. Remote sensing of the biosphere. National Academy of Sciences, Report of the Committee on Planetary Biology, National Research Council, Washington, DC, 135 p.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. and Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia, 145: 87-99.
- Dantec, V.L., Dufrêne, E. and Saugier, B., 2000. Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. Forest Ecology and Management, 134 (1-3): 71-81.
- De Rijcke, A., 2011. Temporal patterns in vegetation in the Mediterranean area. M.Sc. thesis, Utrecht University, 96 p.
- DeRose, R.J. and Seymour, R.S., 2010. Patterns of leaf area index during stand development in even-aged

Archive of SID

www.SID.ir

- Milla, R., Reich, P.B., Niinemets, Ü. and Castro-Diez, P., 2008. Environmental and developmental controls on specific leaf area are little modified by leaf allometry. Functional Ecology, 22: 565-576.
- Nowak, D.J., 1996. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. Forest Science, 42 (4): 504-507.
- Nygren, P., Rebottaro, S. and Chavarria, R., 1993. Application of the pipe model theory to non-destructive estimation of leaf biomass and leaf area of pruned agroforestry trees. Agroforestry systems, 23: 63-77.
- Peper, P.J. and McPherson, E.G., 1998. Comparison of five methods for estimating leaf area index of opengrown deciduous trees. Journal of Arboriculture, 24 (2): 98-111.
- Pierce, L.L. and Running, S.W., 1988. Rapid estimation of coniferous forest leaf area index using a portable integration radiometer. Ecology, 69: 1762-1767.
- Rapp, M., Regina, I.S., Rico, M. and Gallego, H.A., 1999. Biomass, nutrient content, litter fall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forests. Forest Ecology and Management, 119 (1-3): 39-49.
- Regina, I.S., 2000. Biomass estimation and nutrient pools in four *Quercus pyrenaica* in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. Forest Ecology and Management, 132 (2-3): 127-141.
- Salis, S.M., Assis, M.A., Mattos, P.P. and Pião, A.C.S., 2006. Estimating the aboveground biomass and wood volume of savanna woodlands in Brazil's Pantanal wetlands based on allometric correlations. Forest Ecology and Management, 228 (1-3): 61-68.
- Stelzer, E.L., Chambers, J.L., Meadows, J.S. and Ribbeck, K.F., 2004. Leaf biomass and acorn production in a thinned 30 year old Cherrybark oak plantation. General Technical Report, Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, SRS-71: 276-279.
- Welles, J.M. and Norman, J.M., 1991. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. Agronomy Journal, 83 (5): 818-825.
- Williams, T.M. and Gresham, C.A., 2004. Correlation of stem diameters, branch basal area and leaf biomass in rapidly growing loblolly pine. General Technical Report, Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, SRS-71: 216-219.
- Williams, T.M. and Gresham, C.A., 2006. Biomass accumulation in rapidly growing loblolly pine and sweetgum. Biomass and Bioenergy, 30 (4): 370-377.
balsam fir-red spruce stands. Canadian Journal of Forest Research, 40: 629-637.
- Dufrêne, E. and Bréda, N., 1995. Estimation of deciduous forest leaf area index using direct and indirect methods. Oecologia, 104: 156-162.
- Eriksson, H., Eklundh, L., Hall, K. and Lindroth, A., 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands. Agricultural and Forest Meteorology, 129: 27-37.
- Foroughbakhch, R., Alvarado-Vázquez, M.A., Hernández-Piñero, J.L., Rocha-Estrada, A., Guzmán-Lucio, M.A. and Treviño-Garza, E.J., 2006. Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. Forest Ecology and Management, 235 (1-3): 194-201.
- Gholz, H.L., Vogel, S.A., Cropper, W.P., McKelvey, K., Ewel, K.C., Teskey, R.O. and Curran, P.J., 1991. Dynamics of canopy structure and light interception in *Pinus elliottii* stands, North Florida. Ecological Monographs, 61: 33-51.
- Jensen, R.R. and Hardin, P.J., 2005. Estimating urban leaf area using field measurements and satellite remote sensing data. Journal of Arboriculture, 31 (1): 21-27.
- Kalácska, M., Sánchez-Azofeifa, G.A., Rivard, B., Calvo-Alvarado, J.C., Journet, A.R.P., Arroyo-Mora, J.P. and Ortiz-Ortiz, D., 2004. Leaf area index measurements in a tropical moist forest: A case study from Costa Rica. Remote Sensing of Environment, 91: 134-152.
- Karlik, J.F. and McKay, M.K., 2002. Leaf area index, leaf mass density, and allometric relationships derived from harvest of Blue oaks in a California oak savanna. In: Standiford, R.B. *et al*., (Eds.), Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape. General Technical Report, PSW-GTR-184, Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture: 719-729.
- Khan, M.N.I., Suwa, R. and Hagihara, A., 2005. Allometric relationships for estimating the aboveground phytomass and leaf area of mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce trees in the Manko wetland, Okinawa Island, Japan. Trees, 19: 266-272.
- Marshall, J.D. and Waring, R.H., 1986. Comparison of methods of estimating leaf-area index in old growth Douglas-fir. Ecology, 67 (4): 975-979.
- Martens, S.N., Ustin, S.L. and Rousseau, R.A., 1993. Estimation of tree canopy leaf area index by gap fraction analysis. Forest Ecology and Management, 61 (1-2): 91-108.

Archive of SID

www.SID.ir

Biomass and leaf area index of Caucasian Hackberry (*Celtis caucasica* Willd.) in Taileh urban forest, Sanandaj, Iran

M. Pourhashemi [1*], S. Eskandari [2], M. Dehghani [3], T. Najafi [4], A. Asadi [4] and P. Panahi [5]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
E-mail: pourhashemi@rifr-ac.ir
2- Ph.D. student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3- M. Sc. of Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
4- M. Sc. of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
5- Senior research expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
Received: 22.02.2011 Accepted: 26.06.2011

Abstract

Urban forests with various ecological and environmental benefits are one of the most important ecosystems, therefore, study of ecological parameters in urban forests is essential. In this research, one of the oldest urban forests of Sanandaj city, Taileh, with area of 1.7 ha was selected. Direct method (leaf gathering from the crown) and 100% inventory method was used to estimate leaf biomass and leaf area index (LAI) of *Celtis caucasica*, which was the main species. Firstly, different quantitative variables such as diameter at breast height, collar diameter, tree height, crown length and small and large diameter of crown were measured. In addition, the leaves of one fourth of the tree crown were picked off and after weighting, their dry weight were measured in laboratory. Gravimetric method was applied for calculating LAI, in which the relationship between leaf area and it`s dry weight used to estimate the total area of whole tree leaves. Allometric equations were calculated for estimation of leaf biomass and LAI. Based on the results, the mean values of leaf biomass, Specific Leaf Area (SLA) and LAI were 37 kg, 103.5 cm^2/gr and 3.7 for *C. Caucasica*, respectively. The compound variable, $DBH^2 \times H$, was the most effective factor to estimate the leaf biomass (R^2=0.69), but in LAI equation, the root of DBH had the main role (R^2=0.72).

Key words: Allometric equations, leaf biomass, leaf area index, *Celtis caucasica*, Taileh urban forest.

Archive of SID

www.SID.ir