OPEN ACCESS
CC BY NC

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

بررسی وضعیت بازجذب عناصر غذایی گونه‌های درختی در تعدادی از بوستان‌های شهر تهران

فرهاد قاسمی آقباش[۱]، اکرم آقایی[۲] و دلبر قنبری[۲]

۱- استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، (نویسنده مسوول: ghasemifarhad@yahoo.com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۲۵
صفحه: ۴۰ تا ۵۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: کاهش مساحت جنگل‌های طبیعی سبب شده است که جنگلکاری‌های شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شوند. انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب نقش مهمی در گسترش و پایداری فضای سبز شهری دارد. ارزیابی عناصر غذایی در انتخاب گونه مناسب جهت کاشت اهمیت دارد و می‌توان از این طریق گونه‌هایی را انتخاب کرد که علاوه بر استفاده از تمامی منابع غذایی موجود در خاک، برخی از کمبودهای غذایی خاک را نیز جبران کنند.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر، کربن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم) در برگ‌های درختان توت، زبان گنجشک، سرو نقره‌ای و کاج تهران در دو فصل تابستان و پاییز در چهار منطقه جغرافیایی (بوستان جمشیدیه (شمال)، بوستان سرخه‌حصار (شرق)، بوستان وردآورد (غرب)، بوستان شقایق (جنوب)) شهر تهران انجام شد. همچنین درصد باز جذب عناصر غذایی در چهار بوستان و در سه گونه توت، زبان‌گنجشگ و کاج تهران اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رویش، برگ‌های سبز بالغ (۸۰ نمونه) و در انتهای فصل پاییز نیز برگ‌های خزان شده پای درخت (۶۰ نمونه) جمع‌آوری و در کیسه‌های زیپ‌دار که مشخصات مورد نظر روی آن‌ها درج شده بود بسته‌بندی شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها با آب مقطر استریل شستشو داده شده تا آلودگی‌ها از بین بروند سپس در آون در دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد ۲۴ ساعت خشک و بعد آسیاب شدند. تجزیه‌های شیمیایی با استفاده از دستورالعمل‌های استاندارد انجام شدند. تجزیه‌وتحلیل‌های آماری مانند مقایسه کلی میانگین‌ها (تجزیه واریانس یک‌طرفه) و میانگین گروه‌ها (آزمون دانکن) انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین عناصر غذایی در برگ‌های تابستانه بیشتر از برگ‌های پاییزه است. در بوستان‌های سرخه‌حصار، شقایق و جمشیدیه در برگ‌های تابستانه بیشترین مقادیر عناصر غذایی مربوط به عنصر کلسیم (۶۲/۶۶ میلی‌گرم در گرم در بوستان شقایق) و در گونه زبان‌گنجشک ثبت شد. در حالی که در بوستان وردآورد بیشترین مقدار این عنصر در گونه توت (۶۸/۳۲ میلی‌گرم در گرم) مشاهده شد. در برگ‌های پاییزه نیز در سه بوستان شقایق، جمشیدیه و وردآورد بیشترین غلظت عناصر غذایی مربوط به کلسیم (۴۲/۶۶ میلی‌گرم در گرم در بوستان شقایق) در گونه توت ثبت شد. در حالی که در بوستان سرخه‌حصار غلظت کلسیم در گونه زبان‌گنجشگ (۵۰/۶۶ میلی‌گرم در گرم) ثبت شد. در ارتباط با درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های مورد بررسی در بوستان سرخه‌حصار منیزیم (۶۳/۰۴ درصد) در گونه زبان‌گنجشک، در بوستان شقایق پتاسیم (۵۲/۳۸ درصد) در گونه توت، در بوستان جمشیدیه پتاسیم (۶۳/۷۹ درصد) در گونه کاج تهران و در بوستان وردآورد نیز کلسیم (۴۱/۴۵ درصد) در گونه توت بیشترین باز جذب عناصر غذایی را داشته‌اند.

نتیجه‌گیری: گونه‌های بررسی شده در این پژوهش دارای عناصر تغذیه‌ای متفاوت در برگ‌های تابستانه و پاییزه خود بودند. همچنین این گونه‌ها مقادیر متفاوتی از هر عنصر را باز جذب کردند. پیشنهاد می‌شود در مدیریت و برنامه‌ریزی جنگلداری شهری این مساله مدنظر قرار گرفته و گونه‌های درختی مورد استفاده، که عمدتا از گونه‌های درختی اصلی در جنگلداری شهری هستند، بر اساس وضعیت عناصر غذایی طبقه‌بندی شوند.

واژه‌های کلیدی: باز جذب عناصر غذایی، جنگلداری شهری، عناصر پرمصرف، گونه‌های جنگلی

مقدمه

تا سال ۲۰۵۰ به احتمال زیاد بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها مستقر خواهند شد و تقریبا تمام رشد جمعیت جهان در شهرهای کشورهای در حال توسعه خواهد بود (۴). در نتیجه گسترش ساخت‌وساز شهری منجر به تشدید تولید گازهای گل‌خانه‌ای خواهد شد (۹).

تخصصی شدن مدیریت و برنامه‌ریزی فضای سبز، افزایش نیاز به کارکردهای فضای سبز و روند رو به رشد شهرنشینی منجر به ایجاد شاخه جدیدی در عرصه منابع طبیعی به نام جنگلداری شهری شده است (۶). جنگلداری شهری به‌عنوان علم نوپا در عرصه علوم طبیعی دارای اهداف و عملکردهای وسیعی بوده و به‌عنوان رویکردی نو در بوم‌سامانه‌های شهری می‌تواند مدیریت فضای سبز دارای درخت را در داخل و حومه شهر بر عهده گیرد. بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده در کشورهای پیشرفته روی ارزش‌های زیست‌محیطی جنگل‌ها و درختان، ارزش زیست‌محیطی و عملکرد چندجانبه یک درخت ۵۰ ساله بلوط در فضای سبز در سال، حدود ۳۰۰ دلار برآورد شده است، در حالی که ارزش چوب این درخت معادل ۱۰۰ دلار در حد قیمت مطلوب است (۲). جنگلداری شهری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین کاربری‌ها در شهرهای امروزی اهمیت زیادی در ایجاد رفاه جمعیت شهری دارد. این کاربری علاوه بر زیباسازی محیط نقش انکارناپذیری در ارائه کارکردهای بوم‌شناختی مرتبط دارد. فیلتر مواد مضر، بهبود خرد اقلیم، کاهش سروصدا، بهبود ارزش‌های زیباشناختی شهرها و کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای از مهم‌ترین آثار جنگلداری شهری است (۳).

در کنار این مسائل تاثیر روحی و روانی جنگل شهری بر شهروندان به منزله جلوه‌هایی از طبیعت در تلفیق با زندگی شهری، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. به همان میزان که توسعه مناطق شهری و صنعتی می‌تواند اراضی شهری و منابع جنگلی را تهدید و تخریب نماید در مقابل توسعه فضاهای سبز و گسترش جنگل‌کاری‌ها در اراضی شهری و حواشی آن می‌تواند نقش بارز و چشمگیری در بهبود شاخص‌های جنگل در کشورهای با پوشش کم جنگل داشته باشد. در سال‌های اخیر خشکیدگی برخی از درختان ازجمله چنار، اقاقیا، بلوط، ممرز، اکالیپتوس و کاج در جنگل‌ها و بوستان‌های شهرهای بزرگ مانند تهران، مشهد، گرگان و اصفهان به مشکلی جدی در مدیریت فضای سبز

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

تبدیل شده (۱۵) و نظریات مختلفی مطرح شده است که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گرم شدن تدریجی کره زمین، سـرمای شدید و سرمای دیررس بهاره، آلودگی هوای شهرهای بزرگ به‌ویژه به سرب، استفاده از نمک و آب‌های شور در ذوب کردن برف و یخ در معابر عمومی شهرها در زمستان، آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین، کمبـود آب آبیاری در تابستان، آبیاری با آب‌های شور، آهکی بودن خاک به‌عنوان عامل پیری زودرس، کمبود عناصر غذایی، بیماری‌های قارچی و آفات و غیره اشاره نمود (۸).

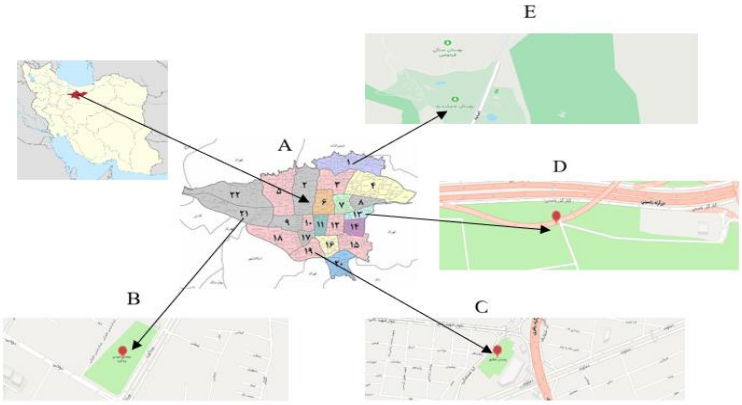
با توجه به اهمیت حفظ جنگل‌های شهری در کلان‌شهرها مانند تهران و نقش عناصر غذایی در عملکرد بهتر درختان، پایداری و مقاومت آن‌ها در برابر عوامل بیماری‌زا، سنجش عناصر غذایی می‌تواند یک معیار واقعی برای ارزیابی رشد و وضعیت مطلوب عناصر غذایی در گیاهان باشد. بررسی ترکیبات معدنی و آلی برگ درختان می‌تواند اطلاعات بیشتری از نظر تغذیه معدنی و در نتیجه قدرت حاصلخیزی خاک در اختیار پژوهشگران قرار دهد. بنابراین در شهرسازی ضرورت دارد که اطلاعاتی در خصوص گونه‌های درختی مورداستفاده حاصل شود. این امر از طریق آماربرداری و با به دست آوردن اطلاعات متفاوتی از درختان حاصل می‌شود. کسب دانش و آگاهی در خصوص وضعیت عناصر غذایی درختان مدیران شهری را در جهت مدیریت بهینه جنگلداری شهری یاری می‌نماید (۳). درختان این قابلیت را دارند که قبل از پیر شدن شاخ و برگ خودشان، عناصر غذایی مورد نیاز خود را از آن‌ها گرفته و در درون خود جذب کنند. عناصر باز جذب شده می‌تواند در تولید بافت‌های جدید گیاهی مورد استفاده قرار بگیرد. زمانی که درختان در شرایط بهتر رویشی قرار می‌گیرند میزان باز جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد (۱۶). صالحی و پاوند درو (۱۷) بازگشت و باز جذب عناصر تغذیه‌ای را در گونه پلت (*Acer velutinum* Boiss) در جنگل‌های شمال ایران بررسی کرده و گزارش دادند که مقادیر درصد کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب در برگ‌های سبز پلت بیشتر از برگ‌های خزان است به عبارتی باز جذب این عناصر انجام شده است. مال اسدی و همکاران (۱۲) غلظت‌های عناصر غذایی برگ و سرشاخه‌های کاج بروسیا را در فصول مختلف در پارک جنگلی مخمل‌کوه خرم‌آباد بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بین عناصر غذایی اندام‌های گیاهی در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری که مقادیر نیتروژن و فسفر در فصل بهار بیشتر بود. تاکنر و همکاران (۲۰) وضعیت عناصر تغذیه‌ای گونه‌های درختی اصلی را در کشور آلمان بررسی کرده و گزارش دادند که مقادیر عناصر غذایی برگ‌ها در ارزیابی وضعیت اکوسیستم‌های جنگلی از حیث تغذیه‌ای مهم هستند. کمبود عناصر غذایی فسفر، گوگرد و پتاسیم و بالا بودن نسبت‌های نیتروژن به عناصر نشان دهنده وضعیت بحرانی عناصر غذایی بوده و باید در برنامه‌های مدیریتی جنگل، مخصوصا برنامه‌ریزی بهره‌برداری، مدنظر قرار بگیرند. براون و همکاران (۳) با بررسی وضعیت عناصر تغذیه‌ای کم مصرف و محدودیت‌های مرتبط با آن در جنگلداری شهری سانتا–ماریا برزیل گزارش دادند که با استفاده از عامل محدودیت‌های غذایی برآورد شده می‌توان گونه‌های درختی را در جهت کنترل بهتر آن‌ها در جنگلداری شهری مورد بررسی طبقه‌بندی نمود.

با توجه به نقش درختان در کلان‌شهرها و جنگل‌های شهری و اهمیت ارزیابی عناصر غذایی به‌عنوان یک عامل تعیین کننده در رشد و پایداری گیاهان در این مطالعه به ارزیابی عناصر غذایی در دو گونه پهن‌برگ توت و زبان گنجشک و دو گونه سوزنی‌برگ سرو نقره‌ای و کاج تهران پرداخته شد. این گونه‌ها از نظر کمیت در فضای سبز تهران شاخص هستند و در برخی موارد به دلایل مختلف ازجمله کمبود عناصر غذایی علائم مانند کندی رشد، ریزش برگ و زردی زودهنگام نشان می‌دهند. به دلیل مطالعات محدودی که در این زمینه وجود دارد ضرورت بررسی و تحقیق در این مورد احساس می‌شود. مطالعه حاضر با هدف تعیین سطوح عناصر غذایی برای توسعه مناسب گونه‌های درختی مورداستفاده در جنگل‌های شهری تهران انجام شد.

مواد و روش‌ها

شهر تهران در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. بر اساس داده‌های آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه، میانگین بارش سالانه ۳۱۶ میلی‌متر و درجه حرارت متوسط سالانه نیز ۱۷ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (۱). بر اساس اقلیم‌بندی کوپن، اقلیم تهران در مناطق مرکزی و جنوبی گرم و خشک است. پژوهش حاضر در چهار ناحیه جغرافیایی شهر تهران انجام گرفت. بوستان جمشیدیه یا پارک سنگی که جزو زیباترین بوستان‌های شهری تهران به حساب می‌آید که در ناحیه چهار منطقه یک شهرداری در دامنه کوه کلکچال قرار دارد. این بوستان به پارک فرا منطقه‌ای شهرت دارد، بوستان جمشیدیه با مساحتی بالغ بر ۱۰ هکتار در انتهای خیابان نیاوران واقع شده است. بوستان جنگلی سرخه‌حصار در شرق تهران قرار گرفته است و مساحتی در حدود ۹۱۶۸ هکتار دارد و به‌جز بخش شمال شرقی آن تمام این ناحیه تحت کنترل و حفاظت سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار دارد. این بوستان در محدوده منطقه ۱۳ شهرداری قرار گرفته است. بوستان شهدای وردآورد در غرب تهران، در منطقه ۲۱ شهرداری در خیابان وردآورد واقع شده است. این بوستان مساحتی بالغ بر ۱۰ هزار مترمربع داشته و پوشش درختی آن شامل سرو نقره‌ای، کاج تهران، اقاقیا، زبان‌گنجشک و توت است. بوستان شقایق در جنوب تهران و در منطقه ۱۹ شهرداری واقع شده که ازجمله مناطق حاشیه‌ای و جنوبی شهر تهران است و در حوزه دروازه ورودی جنوب‌غربی شهر قرار گرفته است (۱). موقعیت جغرافیایی چهار بوستان مورد بررسی در شکل ۱نشان داده شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]



شکل ۱- موقعیت بوستان‌های موردمطالعه؛ A: شهر تهران؛ B: بوستان وردآورد؛ C: بوستان شقایق؛ D: بوستان سرخه حصار؛ E: بوستان جمشیدیه

Figure 1. Location of the studied forest parks; A: Tehran city; B: Vard avard Park; C: Shaghayegh Park; D: Sorkheh Hesar Park; E: Jamshidieh Park

روش پژوهش

در هر بوستان دو گونه پهن‌برگ شامل زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior* Miller) و توت (*Morus alba* L.) و دو گونه سوزنی‌برگ شامل سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* L.) و کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) انتخاب شد. در بوستان‌های مورد بررسی گونه‌های درختی موردمطالعه در محدوده سنی ۱۵ تا ۳۰ ساله قرار داشتند. برگ‌های تابستانه از چهار جهت تاج و برگ‌های پاییزه نیز از پای درختان جمع‌آوری شدند. لازم به توضیح است که سوزن‌های کاج تهران و فلس‌های سرو نقره‌ای از تمامی قسمت‌های تاج جمع‌آوری شد. سپس برگ‌های جوان و پیر حذف شده و فقط برگ‌های بالغ برای مطالعه انتخاب شدند. تعداد ۸۰ نمونه برگ‌های سبز (۴ گونه× ۵ تکرار× ۴ بوستان) و تعداد ۶۰ نمونه برگ‌های خزان (۳ گونه× ۵ تکرار× ۴ بوستان) جمع‌آوری شد. لازم به توضیح است که فلس‌های سرو نقره‌ای قابلیت جمع‌آوری در فصل پاییز را نداشت بنابراین سنجش‌های مربوط به فلس‌های پاییزه این گونه انجام نشد. نمونه‌ها به میزان لازم (حدود ۱۰ گرم برای هر تکرار) جهت انجام آنالیزهای شیمیایی جمع‌آوری شدند. جمع‌آوری برگ‌های موردبررسی در دو فصل تابستان (اواخر فصل رویش) و پاییز (برگ‌های ریخته شده در پای درختان) انجام گرفت. لازم به توضیح است که در هر چهار بوستان مورد بررسی برای تقویت حاصلخیزی خاک از کودهای مشابهی استفاده شده بود (۱).

نمونه‌برداری و آماده‌سازی

برگ‌های جمع‌آوری‌شده در کیسه‌های زیپ‌دار که مشخصات موردنظر روی آن‌ها درج شده بود بسته‌بندی و به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها با آب مقطر استریل شستشو داده شدند و در مرحله بعد در آون در دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس آسیاب شدند (۱۹). نمونه‌ها به‌روش اکسیداسیون تر (۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ) هضم شدند (۱۳). سپس آنالیزهای شیمیایی در پنج تکرار روی هر گونه در دو بازه زمانی تابستان و پاییز برای تعیین عناصر غذایی ماکرو نظیر نیتروژن، کربن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم انجام شد.

تجزیه‌های شیمیایی

عناصر غذایی برگ‌ها شامل نیتروژن، کربن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم در پنج تکرار طبق دستورالعمل‌های استاندارد سنجیده شد. اندازه‌گیری نیتروژن برگ‌ها با استفاده از روش کجلدال، تعیین درصد کربن آلی از روش احتراق، اندازه‌گیری پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، سنجش فسفر با استفاده از روش اولسن و دستگاه اسپکتروفتومتر و اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم برگ‌ها نیز با استفاده از روش طیف‌سنج اتمی و دستگاه طیف‌سنج اتمی انجام شد.

محاسبات

بعد از تعیین عناصر غذایی در برگ‌های تابستانه و پاییزه، میزان باز جذب عناصر غذایی از رابطه زیر محاسبه شد (۱۰) :

$$\% \, Re = (1-\frac{B}{A}) \times 100$$

که در آن، Re%: درصد باز جذب عناصر غذایی، A: غلظت عناصر غذایی در برگ‌های تابستانه، B: غلظت عناصر غذایی در برگ‌های پاییزه.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov– Smirnov تأیید شد. نتایج آزمون Leven نیز حاکی از همگن بودن داده‌ها بود. برای مقایسه کلی غلظت‌های عناصر غذایی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین گروه‌ها استفاده شد. کلیه آزمون‌های آماری با استفاده از SPSS 22 و ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از سنجش عناصر غذایی گونه‌های مورد بررسی در بوستان سرخه‌حصار

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقادیر کربن در برگ‌های جمع‌آوری‌شده از بوستان سرخه حصار، در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری در سطح پنج

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

درصد بین گونه‌ها نشان می‌دهد و بیشترین مقدار در گونه کاج تهران مشاهده شد. در نمونه برگ‌های پاییزه نیز اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بین توت با کاج تهران و زبان گنجشک مشاهده شد. در مورد عناصر فسفر و کلسیم اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها در نمونه‌های تابستانه مشاهده نشد اما مقدار عنصر فسفر در نمونه‌های پاییزه در گونه توت و مقدار کلسیم در گونه زبان‌گنجشک بیشترین مقدار را نشان دادند. مقدار نیتروژن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بین گونه‌ها در فصل تابستان و پاییز نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن مربوط به گونه توت است. مقدار عنصر منیزیم در گونه‌های توت و زبان‌گنجشک در نمونه‌های فصل تابستان و پاییز بیشترین مقدار بوده و اختلاف معنی‌داری با سایر گونه‌ها دارند. میانگین مقدار پتاسیم در گونه توت در نمونه‌های تابستان و پاییز کمترین مقدار بوده و اختلاف معنی‌داری با سایر گونه‌ها دارد (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- مقادیر عناصر غذایی برگ تابستانه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان سرخه‌حصار
Table 1. Amounts of summer leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Sorkheh Hesar forest park

سرو نقره‌ای Arizona Cypress	کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
34.02 ± 0.59[ab]	35.91 ± 0.56[a]	34.69 ± 0.28[ab]	32.28 ±1.40[b]	کربن Carbon
6.77 ± 0.03[a]	6.85 ± 0.09[a]	6.88 ± 0.02[a]	6.91 ±0.04[a]	فسفر Phosphorus
52.66 ± 1.70[a]	57.33 ± 2.02[a]	60.66 ± 2.90[a]	55.66 ± 2.90[a]	کلسیم Calcium
19.90 ± 0.30[b]	20.30 ± 0.20[ab]	20.26 ± 0.26[ab]	20.86 ± 0.14[a]	نیتروژن Nitrogen
0.48 ± 0.01[b]	0.33 ± 0.01[c]	0.92 ± 0.01[a]	0.93 ± 0.01[a]	منیزیم Magnesium
0.47 ± 0.04[a]	0.48 ± 0.01[a]	0.52 ± 0.01[a]	0.35 ± 0.01[b]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

جدول ۲- مقادیر عناصر غذایی برگ پاییزه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان سرخه‌حصار
Table 2. Amounts of autumn leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Sorkheh Hesar park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
35.11 ± 0.19[a]	33.80 ± 1.20[a]	28.72 ± 0.89[b]	کربن Carbon
6.80 ± 0.02[b]	6.73 ± 0.03[ab]	6.84 ± 0.02[a]	فسفر Phosphorus
43.33 ± 2.40[b]	5.66 ± 0.60[a]	40.40 ± 0.30[b]	کلسیم Calcium
10.40 ± 0.50[b]	10.46 ± 0.70[b]	18.43 ± 0.50[a]	نیتروژن Nitrogen
0.28 ± 0.01[c]	0.34 ± 0.01[b]	0.43 ± 0.01[a]	منیزیم Magnesium
0.42 ± 0.01[a]	0.41 ± 0.01[a]	0.28 ± 0.01[b]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های مختلف بوستان سرخه‌حصار

بر اساس نتایج به‌دست آمده درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های موردبررسی، به غیر از فسفر، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارند (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر درصد باز جذب عناصر غذایی (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف بوستان سرخه‌حصار
Table 3. Nutrient uptake percentages (mean ± standard error) in different species of Sorkheh Hesar Park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	عناصر Nutrients
2.34 ± 0.12[b]	2.56 ± 0.39[b]	11.03 ± 2.67[a]	کربن Carbon
0.73 ± 0.14[a]	2.18 ± 0.50[a]	1.01 ± 0.62[a]	فسفر Phosphorus
15.15 ± 2.57[b]	63.04 ± 1.00[a]	53.76 ± 2.05[a]	منیزیم Magnesium
12.50 ± 1.15[b]	21.15 ± 1.23[ab]	20.00 ± 0.90[a]	پتاسیم Potassium
17.72 ± 3.26[b]	16.48 ± 2.98[b]	27.42 ± 3.30[a]	کلسیم Calcium
48.77 ± 2.49[a]	48.37 ± 2.99[a]	11.65 ± 2.89[b]	نیتروژن Nitrogen

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد.

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

نتایج حاصل از سنجش عناصر غذایی گونه‌های مورد بررسی در بوستان شقایق

بر اساس یافته‌های تحقیق مقدار کربن در گونه توت کمترین مقدار را داشت و اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با سایر گونه‌ها نشان داد. در بین نمونه‌های پاییز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر عناصر غذایی مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار مربوط به گونه کاج تهران است. مقادیر میانگین فسفر اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های جمع‌آوری شده در فصل تابستان و پاییز نشان نداد. میانگین غلظت‌های عنصر کلسیم اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های بوستان شقایق در فصل تابستان و پاییز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در نمونه‌های تابستان و پاییز به‌ترتیب مربوط به گونه‌های زبان گنجشک و توت است. براساس تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری بین مقادیر نیتروژن گونه‌ها در فصل تابستان و پاییز مشاهده نشد. میانگین غلظت منیزیم اختلاف معنی‌داری بین توت و سایر گونه‌ها در نمونه‌های فصل تابستان و پاییز نشان داد. همچنین بین مقادیر غلظت پتاسیم گونه‌ها در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین مقدار به گونه توت اختصاص داشت. نمونه‌های فصل پاییز نیز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پتاسیم برگ‌ها نشان ندادند (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر عناصر غذایی برگ تابستانه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان شقایق

Table 4. Amounts of summer leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Shaghayegh Forest Park

سرو نقره‌ای Arizona Cypress	کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
34.15 ± 0.48[a]	35.78 ± 0.57[a]	35.67 ± 0.72[a]	30.17 ± 0.72[b]	کربن Carbon
6.81 ± 0.05[a]	6.96 ± 0.10[a]	6.80 ± 0.01[a]	6.87 ± 0.05[a]	فسفر Phosphorus
45.33 ± 1.70[b]	40.66 ± 1.70[b]	62.66 ± 1.70[a]	53.33 ± 2.10[b]	کلسیم Calcium
19.63 ± 0.43[a]	19.66 ± 0.23[a]	20.36 ± 0.33[a]	21.76 ± 1.61[a]	نیتروژن Nitrogen
0.35 ± 0.01[b]	0.35 ± 0.01[b]	0.34 ± 0.01[b]	0.40 ± 0.02[a]	منیزیم Magnesium
0.36 ± 0.01[b]	0.55 ± 0.01[c]	0.32 ± 0.01[d]	0.63 ± 0.01[a]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

جدول ۵- مقادیر عناصر غذایی برگ پاییزه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان شقایق

Table 5. Amounts of autumn leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Shaghayegh Forest Park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
35.11 ± 0.19[a]	33.80 ± 1.20[a]	28.72 ± 0.89[b]	کربن Carbon
6.78 ± 0.01[a]	6.75 ± 0.02[a]	6.81 ± 0.06[a]	فسفر Phosphorus
35.93 ± 2.10[b]	38.00 ± 1.10[ab]	42.66 ± 1.70[a]	کلسیم Calcium
18.30 ± 1.02[a]	19.00 ± 0.57[a]	19.33 ± 0.26[a]	نیتروژن Nitrogen
0.31 ± 0.01[b]	0.32 ± 0.01[b]	0.37 ± 0.01[a]	منیزیم Magnesium
0.48 ± 0.02[a]	0.20 ± 0.01[a]	0.30 ± 0.06[a]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های مختلف بوستان شقایق

درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های موردبررسی، به غیر از فسفر و کربن، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارند (جدول ۶).

جدول ۶- مقادیر درصد باز جذب عناصر غذایی (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف بوستان شقایق

Table 6. Nutrient uptake percentages (mean ± standard error) in different species of Shaghayegh Park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	عناصر Nutrients
1.87 ± 0.12[a]	5.24 ± 0.97[a]	4.81 ± 1.36[a]	کربن Carbon
0.26 ± 0.04[a]	0.73 ± 0.05[a]	0.87 ± 0.13[a]	فسفر Phosphorus
11.43 ± 2.57[a]	5.88 ± 1.00[b]	7.50 ± 1.07[b]	منیزیم Magnesium
12.73 ± 3.15[c]	37.50 ± 3.56[b]	52.38 ± 2.68[a]	پتاسیم Potassium
11.63 ± 2.26[c]	39.35 ± 4.14[a]	20.00 ± 2.83[b]	کلسیم Calcium
6.92 ± 2.49[b]	6.68 ± 1.41[b]	11.17 ± 1.43[a]	نیتروژن Nitrogen

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

نتایج حاصل از سنجش عناصر غذایی گونه‌های مورد بررسی در بوستان جمشیدیه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میانگین مقدار کربن بین گونه‌های بوستان جمشیدیه در فصل تابستان و فصل پاییز اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارند و بیشترین مقدار آن در گونه‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای مشاهده شد. غلظت عنصر فسفر زبان‌گنجشک بیشترین مقدار را در مقایسه با سایر گونه‌ها در فصل تابستان نشان داد. در نمونه‌های فصل پاییز نیز غلظت فسفر اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها نداشت. در گونه‌های توت و زبان‌گنجشک غلظت کلسیم نسبت به سایر گونه‌ها در فصل تابستان و پاییز بیشتر بوده و اختلاف معنی‌داری با سایر گونه‌ها دارند. غلظت نیتروژن در فصل تابستان طبق جدول تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها نشان نداد. اما در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر نیتروژن توت و زبان‌گنجشک با کاج تهران مشاهده شد. همچنین بر اساس نتایج، میانگین منیزیم اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بین گونه‌ها در فصول تابستان و پاییز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در گونه زبان‌گنجشک مشاهده شد. در خصوص عنصر پتاسیم نیز بین گونه‌ها در فصول تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین مقدار مربوط به گونه توت بود (جداول ۷ و ۸).

جدول ۷- مقادیر عناصر غذایی برگ تابستانه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان جمشیدیه

Table 7. Amounts of summer leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Jamshidieh forest park

سرو نقره‌ای Arizona Cypress	کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
34.41 ± 0.61[ab]	36.28 ± 0.99[a]	32.65 ± 0.18[bc]	30.80 ± 0.73[c]	کربن Carbon
6.70 ± 0.05[b]	6.70 ± 0.01[b]	6.76 ± 0.02[a]	6.71 ± 0.08[b]	فسفر Phosphorus
27.33 ± 1.70[b]	29.33 ± 0.60[b]	47.30 ± 2.90[a]	42.00 ± 1.10[a]	کلسیم Calcium
17.00 ± 3.00[a]	19.93 ± 0.83[a]	20.23 ± 0.27[a]	23.80 ± 3.10[a]	نیتروژن Nitrogen
0.35 ± 0.01[ab]	0.36 ± 0.01[ab]	0.39 ± 0.01[a]	0.29 ± 0.03[b]	منیزیم Magnesium
0.64 ± 0.04[b]	0.58 ± 0.03[c]	0.56 ± 0.08[c]	0.73 ± 0.17[a]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

جدول ۸- مقادیر عناصر غذایی برگ پاییزه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان جمشیدیه

Table 8. Amounts of autumn leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Jamshidieh forest park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
36.65 ± 0.24[a]	31.85 ± 0.17[b]	31.20 ± 2.26[b]	کربن Carbon
6.81 ± 0.05[a]	6.87 ± 0.03[a]	6.78 ± 0.01[a]	فسفر Phosphorus
24.00 ± 1.10[b]	35.66 ± 0.30[a]	37.00 ± 1.40[a]	کلسیم Calcium
12.33 ± 1.40[b]	19.36 ± 0.40[a]	19.76 ± 0.20[a]	نیتروژن Nitrogen
0.33 ± 0.01[ab]	0.37 ± 0.02[a]	0.27 ± 0.02[b]	منیزیم Magnesium
0.21 ± 0.12[c]	0.33 ± 0.05[b]	0.67 ± 0.02[a]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های مختلف بوستان جمشیدیه

بر اساس جدول ۹ در سه عنصر کربن، فسفر و منیزیم اختلاف معنی‌داری در درصد باز جذب این عناصر در سه گونه موردبررسی وجود ندارد.

جدول ۹- مقادیر درصد باز جذب عناصر غذایی (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف بوستان شقایق

Table 9. Nutrient uptake percentages (mean ± standard error) in different species of Jamshidieh Park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	عناصر Nutrients
-1.20 ± 2.50[a]	2.45 ± 0.27[a]	-1.30 ± 3.70[a]	کربن Carbon
-1.64 ± 0.30[a]	-1.63 ± 0.44[a]	-1.04 ± 0.35[a]	فسفر Phosphorus
8.33 ± 2.90[a]	5.13 ± 2.86[a]	6.90 ± 2.83[a]	منیزیم Magnesium
63.79 ± 2.64[a]	41.07 ± 2.71[b]	8.22 ± 2.46[c]	پتاسیم Potassium
18.17 ± 5.73[b]	24.61 ± 5.34[a]	11.90 ± 1.62[b]	کلسیم Calcium
38.13 ± 7.74[a]	4.30 ± 1.33[c]	16.97 ± 8.88[b]	نیتروژن Nitrogen

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد.

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

نتایج حاصل از سنجش عناصر غذایی گونه‌های مورد بررسی در بوستان وردآورد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میانگین مقدار کربن گونه‌های بوستان وردآورد در فصول تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارند و بیشترین مقدار آن در گونه‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران در فصل تابستان و در گونه‌های کاج تهران و زبان‌گنجشک در فصل پاییز مشاهده شد. میانگین غلظت فسفر گونه‌ها در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در فصل تابستان میانگین مقدار فسفر گونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین مقدار در گونه کاج تهران مشاهده شد. همچنین غلظت عنصر کلسیم در فصول تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها نشان داد. بر این اساس بیشترین مقدار آن در هردو فصل تابستان و پاییز در گونه توت مشاهده شد. بر اساس یافته‌های تحقیق غلظت نیتروژن گونه‌های مورد بررسی در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری نشان دادند به‌طوری که بیشترین مقدار آن در گونه توت مشاهده شد. همچنین میانگین نیتروژن گونه‌ها در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری نداشتند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، میانگین غلظت منیزیم گونه‌ها در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری نداشتند. درحالی که در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری بین غلظت منیزیم گونه‌ها مشاهده شد. بر این اساس بیشترین مقدار منیزیم در گونه توت مشاهده شد. میانگین پتاسیم گونه‌ها در هردو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان دادند و بیشترین مقدار مربوط به گونه زبان‌گنجشک بود (جداول ۱۰ و ۱۱).

جدول ۱۰- مقادیر عناصر غذایی برگ تابستانه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان وردآورد

Table 10. Amounts of summer leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Vard Avard forest park

سرو نقره‌ای Arizona Cypress	کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
37.22 ± 0.17[a]	36.71 ± 0.79[a]	33.71 ± 0.84[b]	31.07 ± 0.73[c]	کربن Carbon
6.71 ± 0.01[b]	6.86 ± 0.02[a]	6.71 ± 0.03[b]	6.72 ± 0.01[b]	فسفر Phosphorus
26.00 ± 2.30[d]	31.50 ± 1.50[c]	51.33 ± 0.60[b]	68.32 ± 0.80[a]	کلسیم Calcium
18.23 ± 0.70[ab]	17.40 ± 0.90[b]	19.60 ± 0.30[ab]	20.73 ± 1.10[a]	نیتروژن Nitrogen
0.26 ± 0.08[b]	0.33 ± 0.06[ab]	0.41 ± 0.01[a]	0.41 ± 0.01[a]	منیزیم Magnesium
0.53 ± 0.01[b]	0.27 ± 0.01[c]	0.61 ± 0.04[a]	0.24 ± 0.01[c]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد.

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

جدول ۱۱- مقادیر عناصر غذایی برگ پاییزه (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های موردبررسی در بوستان وردآورد

Table 11. Amounts of autumn leaf nutrients (mean ± standard error) in the studied species in Vard Avard forest park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم در گرم) Concentration of nutrients (mg/g)
34.69 ± 1.77[a]	34.38 ± 0.39[a]	29.72 ± 1.03[b]	کربن Carbon
7.23 ± 0.18[a]	6.93 ± 0.01[a]	6.90 ± 0.07[a]	فسفر Phosphorus
30.33 ± 0.80[c]	35.66 ± 1.40[b]	40.00 ± 1.10[a]	کلسیم Calcium
14.30 ± 1.80[a]	16.33 ± 2.10[a]	18.33 ± 0.30[a]	نیتروژن Nitrogen
0.31 ± 0.01[a]	0.34 ± 0.01[a]	0.32 ± 0.06[a]	منیزیم Magnesium
0.25 ± 0.02[b]	0.54 ± 0.02[a]	0.21 ± 0.01[b]	پتاسیم Potassium

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد.

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

درصد باز جذب عناصر غذایی در گونه‌های مختلف بوستان وردآورد

میانگین مقادیر بازجذب عناصر غذایی در گونه‌های مورد بررسی در جدول ۱۲ آمده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

جدول ۱۲- مقادیر درصد باز جذب عناصر غذایی (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف بوستان وردآورد
Table 12. Nutrient uptake percentages (mean ± standard error) in different species of Vard Avard Park

کاج تهران Tehran Eldarica Pine	زبان‌گنجشک Ash	توت Mulberry	عناصر Nutrients
-1.20 ± 2.50[b]	2.45 ± 0.27[a]	4.35 ± 2.34[a]	کربن Carbon
-5.39 ± 3.40[a]	-3.28 ± 1.18[a]	-1.99 ± 1.23[a]	فسفر Phosphorus
6.06 ± 2.80[b]	17.07 ± 5.56[a]	21.95 ± 5.18[a]	منیزیم Magnesium
7.41 ± 3.88[a]	11.47 ± 7.23[a]	12.50 ± 5.13[a]	پتاسیم Potassium
3.71 ±2.32[b]	30.53 ± 3.62[a]	41.45 ± 8.09[a]	کلسیم Calcium
17.82 ±3.23[a]	16.68 ± 7.98[a]	11.58 ± 5.93[a]	نیتروژن Nitrogen

حروف غیرمشابه معنی‌دار بودن مقادیر میانگین را در هر ردیف نشان می‌دهد.

Different letters indicate the significance of the mean values in each row

مقادیر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌های گونه‌های موردبررسی در بوستان‌های مختلف

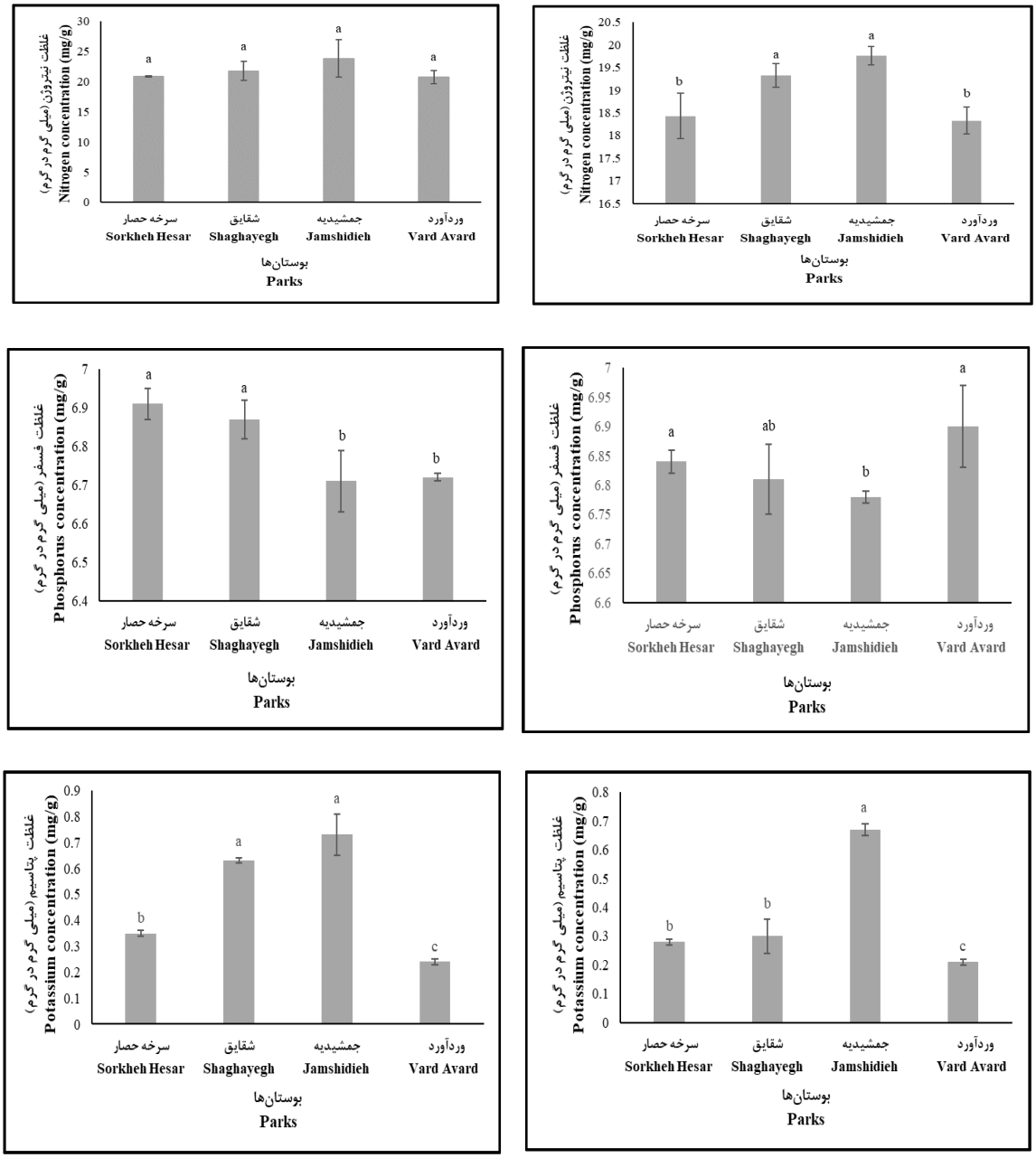
مقادیر عناصر غذایی مهم و پرتحرک نیتروژن، فسفر و پتاسیم گونه‌های توت، زبان‌گنجشک و کاج تهران در چهار بوستان شهر تهران در شکل ۲ آورده شده است. در خصوص گونه توت از نظر میزان نیتروژن برگ‌های تابستانه اختلاف معنی‌داری بین بوستان‌ها مشاهده نشد. اما در برگ‌های پاییزه میزان نیتروژن در بوستان‌های شقایق و جمشیدیه بیشترین مقدار را داشت. از نظر غلظت‌های فسفر و پتاسیم برگ‌های تابستانه و پاییزه نیز بین بوستان‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری که در مورد غلظت فسفر برگ‌های تابستانه بوستان‌های سرخه‌حصار و شقایق و در مورد برگ‌های پاییزه نیز بوستان‌های سرخه‌حصار و وردآورد بیشترین مقدار را داشتند. در خصوص پتاسیم برگ‌های تابستانه بوستان‌های شقایق و جمشیدیه و در مورد پتاسیم برگ‌های پاییزه نیز بیشترین مقدار در بوستان جمشیدیه مشاهده شد. نتایج مربوط به گونه زبان‌گنجشک نشان داد که در خصوص غلظت نیتروژن برگ‌های تابستانه و پاییزه بوستان وردآورد نسبت به سه بوستان دیگر از مقادیر پایین‌تری برخوردار است. غلظت فسفر برگ‌های تابستانه و پاییزه زبان‌گنجشک به‌ترتیب در بوستان‌های سرخه‌حصار و وردآورد بیشترین بود. غلظت پتاسیم برگ‌های تابستانه زبان‌گنجشک در دو بوستان وردآورد و جمشیدیه بیشترین مقدار را داشته درحالی که غلظت پتاسیم در برگ‌های پاییزه این گونه در بوستان وردآورد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. یافته‌های تحقیق در مورد گونه کاج تهران نشان داد که غلظت نیتروژن برگ‌های تابستانه در بوستان وردآورد کمترین مقدار را داشته درحالی که در مورد برگ‌های پاییزه غلظت نیتروژن در بوستان شقایق بیشترین مقدار را داشت. در ارتباط با غلظت فسفر برگ‌های تابستانه کاج تهران بیشترین مقدار در بوستان‌های سرخه حصار، شقایق و وردآورد مشاهده شد. درحالی که در برگ‌های پاییزه بیشترین غلظت فسفر مربوط به بوستان وردآورد بود. نتایج تحقیق در خصوص غلظت پتاسیم برگ‌های تابستانه کاج تهران نشان داد که غلظت آن در بوستان وردآورد کمترین مقدار را داشته درحالی که در برگ‌های پاییزه بیشترین مقدار مربوط به بوستان شقایق بود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

توت
Mulberry

برگ‌های تابستانه
Summer leaf nutrients

برگ‌های پاییزه
Autumn leaf nutrients



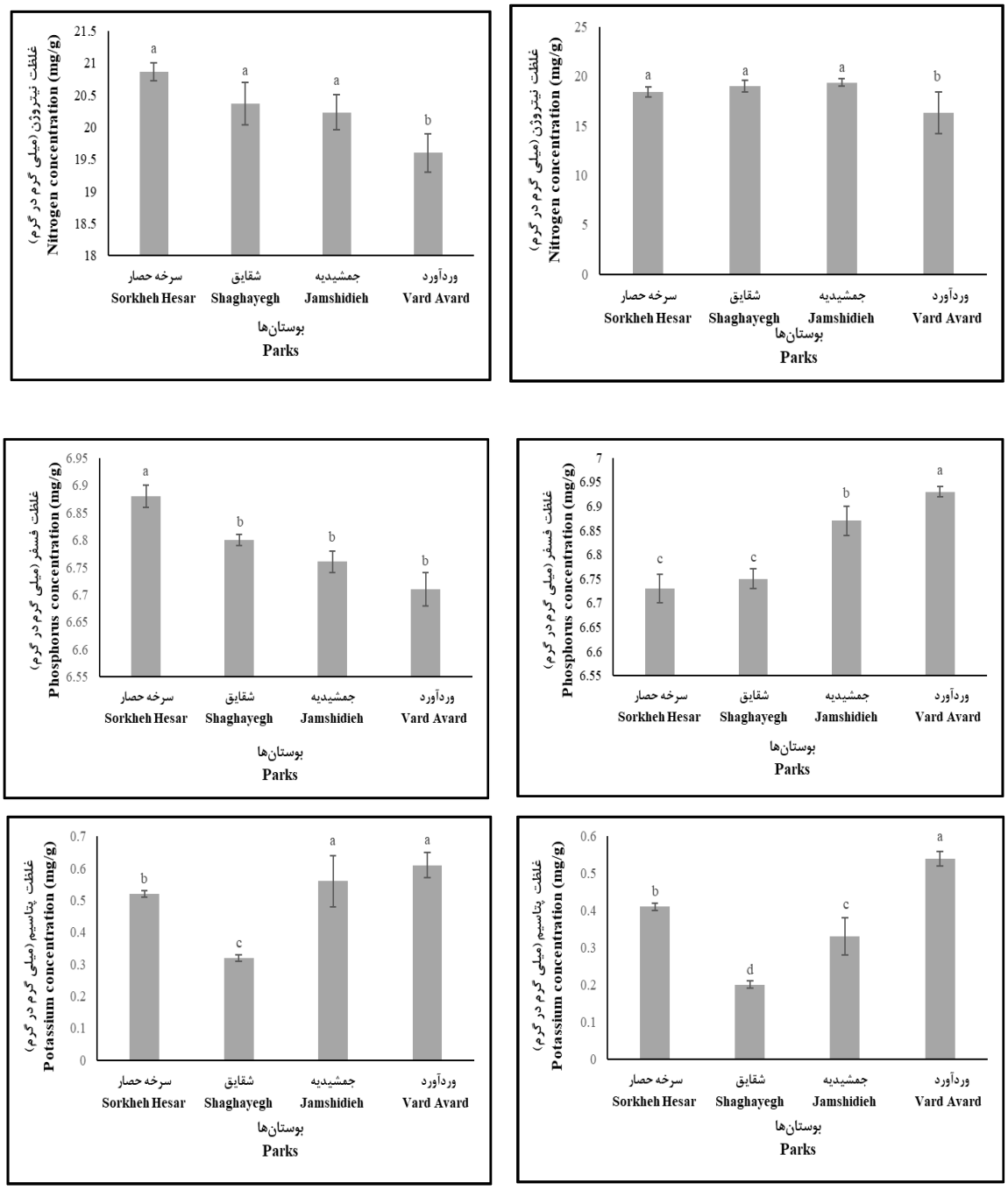
شکل ۲- مقادیر عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف در بوستان‌های مورد بررسی
Figure 2. Amounts of nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) (mean ± standard error) in different species in the studied parks

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

زبان‌گنجشک
Ash

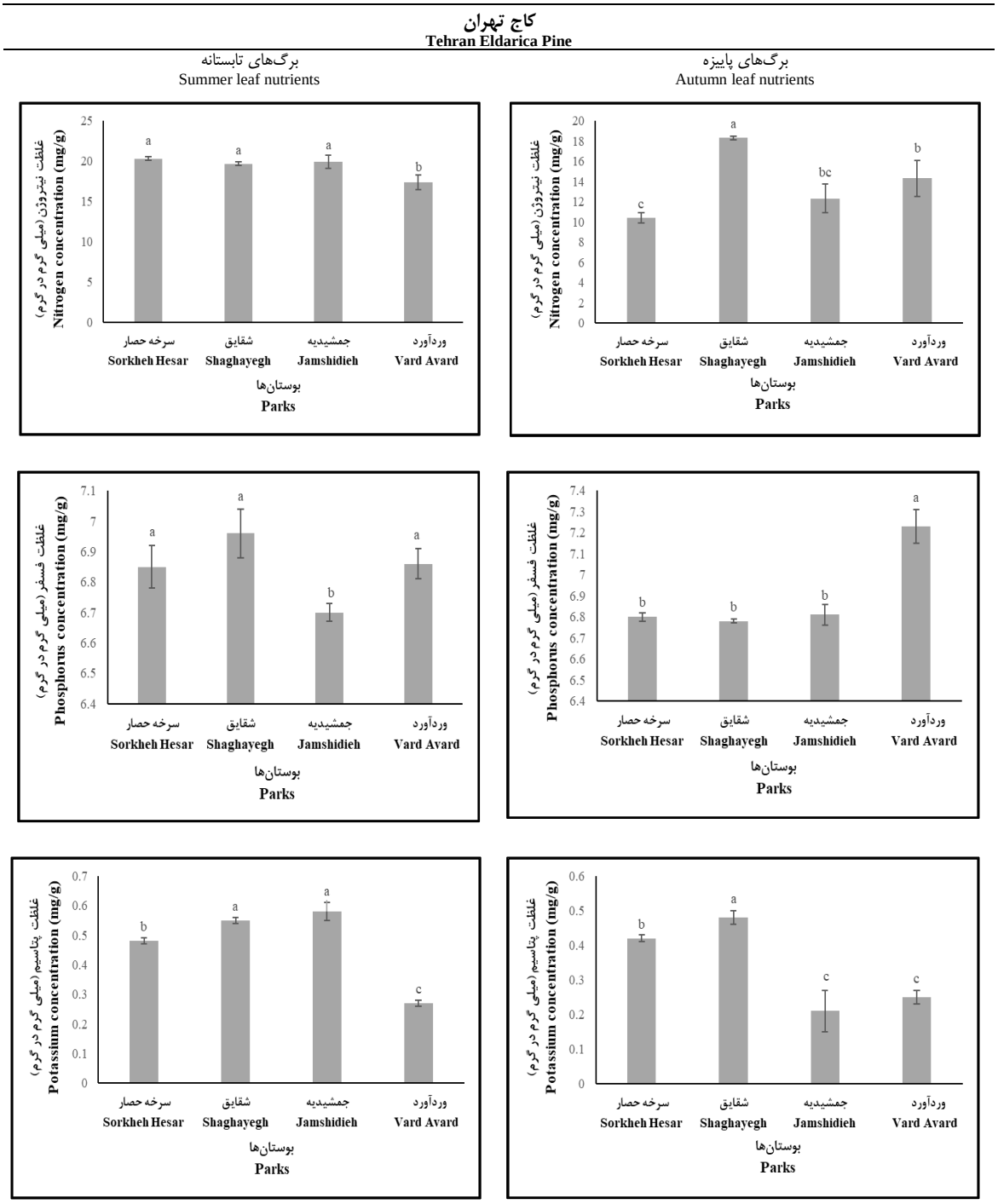
برگ‌های پاییزه
Autumn leaf nutrients

برگ‌های تابستانه
Summer leaf nutrients



ادامه شکل ۲- مقادیر عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف در بوستان‌های موردبررسی
Continued Figure 2. Amounts of nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) (mean ± standard error) in different species in the studied parks

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]



ادامه شکل ۲- مقادیر عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) (میانگین ± اشتباه‌معیار) در گونه‌های مختلف در بوستان‌های موردبررسی
Continued Figure 2. Amounts of nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) (mean ± standard error) in different species in the studied parks

مقادیر عناصر غذایی در برگ‌های درختان مؤلفه اصلی برای ارزیابی وضعیت اکوسیستم‌های جنگلی از لحاظ وضعیت تغذیه‌ای هستند. آگاهی از محتوای عناصر غذایی در تشخیص وضعیت تغذیه‌ای درختان حائز اهمیت است (۱۸). ترکیبات آلی و معدنی برگ درختان می‌توانند اطلاعات مفیدی از نظر تغذیه و درنتیجه قدرت حاصلخیزی خاک در اختیار محققان قرار دهد. ترکیب شیمیایی برگ درختان تحت تاثیر عوامل مختلف تغییر می‌یابد. مهم‌ترین آن‌ها زمان نمونه‌برداری، سن برگ‌ها، خصوصیات ژنتیکی درخت، موقعیت برگ‌ها روی درخت و انتخاب گونه درخت است (۲۱). نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت عناصر غذایی برگ‌ها (تابستانه و پاییزه) در بین چهار گونه توت، زبان‌گنجشک، کاج تهران و سرو نقره‌ای در بوستان‌های مختلف شهری تهران متفاوت بودند. مقادیر کربن برگ‌ها در گونه‌های سوزنی‌برگ (کاج تهران و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

سرو نقره‌ای) نسبت به پهن برگان (توت و زبان‌گنجشک) بیشتر بود. میزان کربن برگ‌ها بیشتر از طریق عوامل محیط زیستی و ژنتیکی گونه‌ها تعیین می‌شود تا عوامل مرتبط با منابع مانند قابل‌دسترس بودن عناصر غذایی (۷). مطابق با نتایج کیم و همکاران (۷) و صالحی و پاوند درو (۱۷) به طورمعمول میزان غلظت کربن در برگ‌های پاییزه نسبت به تابستانه کم بوده و درصد باز جذب این عنصر مثبت است (جداول۳،۶،۹،۱۲). انتقال کربوهیدرات‌ها و سایر مواد سلولی به بافت‌های در حال رشد و فعال از طریق مکانیسم باز جذب انجام می‌گیرد (۱۴). زمانی که فعالیت‌های فیزیولوژیکی در اندام‌های گیاهی متوقف می‌شود گیاه از طریق انتقال مجدد عناصر غذایی نیازهای خود را برطرف می‌سازد (۱۶). طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند تجزیه ساختمان‌های سلولی، تجزیه پروتئین‌ها و آنزیم‌های گیاهی و تغییر شکل عناصر معدنی به عناصر قابل تحرک در باز جذب عناصر غذایی نقش دارند. مطابق با نتایج فایف و همکاران (۵) علی‌رغم ژنتیک، اشکال برگ و نرخ رشد متفاوت، الگوی باز جذب عناصر غذایی در بین گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مشابه است. این مسئله در پژوهش حاضر در خصوص باز جذب عناصر غذایی مورد بررسی در هردو گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مشاهده شد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت میزان نیتروژن برگ‌ها در پهن برگان بیشتر از سوزنی‌برگان بود. در کل گونه‌های پهن‌برگ از نظر محتوای نیتروژن وضعیت بهتری دارند (۱۱). مطابق با نتایج تاکنر و همکاران (۲۰) میزان نیتروژن برگ‌های تابستانه از حد نرمال بالا بوده و محدودیتی در این زمینه مشاهده نمی‌شود. بر اساس یافته‌های تحقیق مقادیر نیتروژن در گونه‌های توت، زبان‌گنجشک و کاج تهران در بوستان‌های مختلف شهری تقریبا یکسان بود. قابلیت دردرسترس بودن نیتروژن خاک طبق نظر کیم و همکاران (۷) از عوامل مهم تاثیرگذار در محتوای نیتروژن برگ‌هاست. از آنجایی که در هر چهار بوستان موردبررسی از کودهای مشابهی در تغذیه خاک استفاده شده (۱) بنابراین میزان نیتروژن برگ‌ها در مناطق مختلف شهری تهران تقریبا یکسان بوده است (شکل۲). نیتروژن از عناصر مهم در گیاهان بوده و در ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌های گیاهی نقش اساسی دارد (۲۰). بنابراین نیاز بالای گیاهان به این عنصر منجر به کاهش غلظت آن در برگ‌های پاییزه شده به‌طوری که میزان باز جذب آن در هردو گونه پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مثبت بوده است. یافته‌های تحقیق در این زمینه کاملاً همسو با نتایج روحی مقدم و همکاران (۱۶) و صالحی و پاوند درو (۱۷) بود. ماچادو و همکاران (۱۱) در پژوهشی که درخصوص باز جذب عناصر مختلف در گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ انجام داده بودند گزارش دادند که باز جذب نیتروژن در گونه‌های پیشگام و سوزنی‌برگ بیشتر است. یافته‌های تحقیق در این زمینه کاملاً مطابق با نتایج آن‌ها بود. بر اساس نتایج تحقیق مشخص شد که میزان فسفر برگ‌های تابستانه و پاییزه گونه‌های مورد بررسی تقریبا مشابه بوده و اختلاف معنی‌داری در این زمینه مشاهده نمی‌شود. یافته‌های تحقیق در این بخش با یافته‌های ماچادو و همکاران (۱۱) مغایرت داشت. تحقیق ایشان نشان داد که مقادیر فسفر در برگ‌های درختان پهن‌برگ بیشتر از سوزنی‌برگان است. محتویات فسفر برگ‌ها شاخص خوبی برای نشان دادن فسفر قابل‌دسترس خاک رویشگاه است. حاصلخیزی یکسان خاک هر چهار بوستان نشان‌دهنده وضعیت تقریبا مشابه فسفر در برگ‌ها و سوزن‌های درختان موردبررسی است. در خصوص کمبود فسفر گیاهان، چندین عامل نقش دارند. مانند تثبیت بیش‌ازحد نیتروژن، تغییر اقلیم و فیزیولوژی درختان. در بوستان‌های مختلف شهری تهران مقادیر فسفر تفاوت‌هایی را برگ‌های درختان نشان داد. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه این بوستان‌ها از نظر موقعیت جغرافیایی و در نتیجه آلایندگی هوا متفاوت هستند احتمالاً این مسئله حادث شده است. در دو بوستان وردآورد و شقایق برخلاف سایر مطالعات (۱۶،۱۷) میزان باز جذب فسفر در هردو گونه پهن‌برگ و سوزنی‌برگ منفی بود. به نظر می‌رسد مسئله موقعیت جغرافیایی این دو بوستان (مناطق جنوبی و جنوب غربی تهران) که از نظر آلودگی هوا قابل‌توجه است دخیل باشد. در بوستان‌های جمشیدیه و سرخه‌حصار باز جذب این عنصر مثبت گزارش شد. میزان باز جذب عناصر غذایی در یک گونه مشخص و در یک مکان و مرحله رویشی یکسان تابع بسیاری از متغیرها است. در این خصوص ساختار تاج و درصد آمیختگی گونه‌ها نقش مهمی دارد (۵). بر اساس نتایج تحقیق مشخص شد که مقادیر کلسیم در گونه‌های پهن‌برگ بیشتر از سوزنی‌برگان بود. در تحقیق ماچادو و همکاران (۱۱) گزارش شده بود که مقادیر کلسیم برگ‌ها در گونه‌های پیشگام بیشتر از سایر گونه‌هاست. برخلاف نتایج روحی مقدم و همکاران (۱۶)، صالحی و پاوند درو (۱۷) و فایف و همکاران (۵) و موافق با یافته‌های ماچادو و همکاران (۱۱) باز جذب عنصر کلسیم در تمامی بوستان‌ها و گونه‌های مورد بررسی مثبت بود. همچنین یافته‌های تحقیق در خصوص غلظت منیزیم و میزان باز جذب آن در گونه‌های مختلف نشان داد که رفتار این عنصر مانند کلسیم است. به نظر می‌رسد علی‌رغم تحرک کم کلسیم و منیزیم (۱۶،۱۷) درختان موردبررسی در پژوهش حاضر به مانند نیتروژن و فسفر نیاز بالایی به کلسیم و منیزیم داشته و ضرورت دارد که در تقویت این عناصر در خاک بوستان‌های مورد مطالعه اهتمام شود. نتایج تحقیق در خصوص غلظت پتاسیم و میزان باز جذب آن در گونه‌های مختلف نشان داد که در این ارتباط اختلاف‌های معنی‌داری بین گونه‌ها وجود دارد. باز جذب این عنصر مانند عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم و منیزیم مثبت بوده و مقادیر بالای باز جذب عموماً در گونه‌های درختی اتفاق افتاده که از غلظت بالای پتاسیم در برگ‌های تابستانه برخوردار بودند. یافته‌های تحقیق در این بخش با نتایج روحی مقدم و همکاران (۱۶) و فایف و همکاران (۵) مطابقت داشت. یکی از عواملی که می‌تواند در کاهش مقادیر عناصر غذایی برگ‌ها نقش داشته باشد آبشویی است. به‌هرحال در پژوهش حاضر نقش این عامل در کاهش مقادیر پتاسیم برگ‌های پاییزه نسبت به تابستانه حذف می‌شود. چون در فاصله زمانی برداشت برگ‌های تابستانه و پاییزه بارندگی شدیدی اتفاق نیفتاده است. مطابق با نظر فایف

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

و همکاران (۵) نیتروژن افزوده‌شده به توده‌های جنگلی، نقش زیادی در باز جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد.

به‌طور کلی انتخاب گونه می‌بایست برحسب قابلیت استفاده گونه از منابع موجود باشد. ازاین‌رو، ویژگی‌های چرخش مجدد عناصر غذایی در یک گونه می‌تواند معیاری برای گزینش مناسب و متناسب با ویژگی‌های محیطی خاص باشد. بنابراین انتخاب گونه‌ها بایستی بر اساس کارایی آن‌ها در استفاده از میزان عناصر غذایی صورت گیرد. شناخت رفتار تغذیه‌ای در جنگل‌کاری‌ها برای مدیریت پایدار آن‌ها مفید است. ازاین‌رو ویژگی‌های چرخش مجدد عناصر غذایی در یک گونه معیاری برای گزینش مناسب و متناسب با ویژگی‌های محیطی خاص است. انباشت و توزیع عناصر غذایی یک مکانیسم مهم برای بهبود رشد درختان در خاک‌های با محدودیت عناصر غذایی است. نتایج این تحقیق اهمیت شناخت عملکرد گونه‌ها را قبل از جنگلکاری در زمینه متابولیسم عناصر غذایی روشن می‌سازد و می‌تواند بر وسعت اطلاعات به‌منظور انتخاب گونه مناسب بیفزاید. در کل نتایج این پژوهش وجود اختلاف در مقادیر عناصر غذایی در برگ‌های سبز و خزان را در بوستان‌های شهری تهران نشان داد. پیشنهاد می‌شود در مدیریت و برنامه‌ریزی جنگلداری شهری این مساله مدنظر قرار گرفته و گونه‌های درختی مورد استفاده، که از جمله گونه‌های درختی اصلی در جنگلداری شهری هستند، بر اساس وضعیت غذایی طبقه‌بندی شوند.

منابع

1. Aghaei, A. 2020. Evaluation of nutrient status and its limitations in tree species (Mulberry, Ash, Tehran Pine, Arizona Cypress) used in urban forestry of Tehran. MSc Thesis, Malayer University, Malayer, Iran, 95 pp (In Persian).
2. Augusto, L., J. Ranger, D. Binkley and A. Rothe. 2002. Impact of several common tree species of temperate forest on soil fertility. Annals of Forest Science, 59(2): 233-254.
3. Brun, F.G.K., E.J. Brun, D. Gerber, D.A. Szymczak, E.K. Londero, E.A. Meyer and M.C. Navroski. 2017. Nutrition facts and limits for micronutrients in tree species used in urban forestry. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 89(3): 1881-1893.
4. Cohen, J.E. 2003. Human population: The next half century science, 302: 1172-1175.
5. Fife, D.N., E.K.S. Nambiar and E. Saur. 2008. Retranslocation of foliar nutrients in evergreen tree species planted in a Mediterranean environment. Tree Physiology, 28: 187-196.
6. Homann, P.S., H. Van Migret, D.W. Cole and G.V. Wolfe. 1992. Cation distribution, cycling, and removal from mineral soil in Douglas-Fir and alder forest. Biogeochemistry, 16: 121-150.
7. Kim, Ch., J. Jeong, J-H. Park and H-S. Ma. 2015. Growth and Nutrient Status of Foliage as Affected by Tree Species and Fertilization in a Fire-Disturbed Urban Forest. Forests, 6: 2199-2213.
8. Lakzian, A., V. Feizi asl, A. Tehranifar, A. Hallajnia, H. Rahmani, P. Pakdel, H. Mohseni and A. Talebi. 2013. Evaluation of the causes of defoliation and early yellowing of sycamore trees in Mashhad using spatial regression analysis (GGE biplot). Journal of Horticultural Science, 27(3): 259-274 (In Persian).
9. Li, Z-g., G-s. Zhang, Y. Liu, K-y. Wan, R-h. Zhang and F. Chen. 2013. Soil Nutrient Assessment for Urban Ecosystems in Hubei, China. PLoS ONE 8(9): 1-8.
10. Lodhiyal, N. and L.S. Lodhiyal. 2003. Aspects of nutrient cycling and nutrient use pattern of Bhabar Shisham forests in Central Himalaya, India. Forest Ecology and Management, 176: 237-252.
11. Machadi, M.R., P.T.B. Sampaio, J. Ferraz, R. Camara and M.G. Pereira. 2016. Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. Acta Scientiarum. Agronomy, 38(1): 93-101.
12. Malasadi, E., Z. Mirazadi and B. Pilehvar. 2021. Comparison of Nutrient Concentration of Leaves and Twigs of *Pinus brutia* Ten. In Different Sampling Seasons (Case Study: Makhmalkooh Forest Park). Ecology of Iranian Forest, 10(19): 78-87 (In Persian).
13. Miller, R.O. 1998. Nitric-perchloric acid wet digestion in an open vessel. In: Y.P. Kalra (Ed.). Handbook of Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council. lnc. 4p.
14. Mugasha, A.G., D.J. Pluth and S.E. Macdonald. 1999. Effects of fertilization on seasonal patterns of foliar mass and nutrients of tamarack and black spruce on undrained and drained miner trophic peatland sites. Forest Ecology and Management, 116: 13-31.
15. Ranjbar, M. 2006. Talesh ecotourism attractions with emphasis on forest resources. Scientific Journal of Plant and Ecology Extension, 4: 61-80 (In Persian).
16. Rouhi-Moghaddam, E., S.M. Hosseini, E. Ebrahimi, A. Rahmani and M. Tabari. 2011. A nutritional evaluation of the pure and mixed plantations of Oak using retranslocation rate. Iranian Journal of Biology, 24(1): 79-88 (In Persian).
17. Salehi, A. and A. Pavand Dro. 2013. Nutrient return and nutrient retranslocation in *Acer velutinum* Boiss in Caspian Forest (Case Study: Nav/Asalem). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(1): 51-64 (In Persian).
18. Sardans, J., R. Alonso, I.A. Janssens, J. Carnicer, S. Vereseglou, M.C. Rillig, M. Fernandez-Martinez, T.G.M. Sanders and J. Penuelas. 2016. Foliar and soil concentrations and stoichiometry of nitrogen and phosphorous across European Pinus sylvestris forests: Relationships with climate, N deposition and tree growth. Functional Ecology, 30(5): 676-689
19. Silva, F.C. 1999. Manual of chemical analyzes of soils, Plants and fertilizers, Embrapa Solos, 1st edition, Brasilia: Editora Embrapa, 370 p.
20. Talkner, U., W. Riek, I. Damman, M. Kohler, A. Göttlein, K.H. Mellert and K.J. Meiwes. 2019. Nutritional Status of Major Forest Tree Species in Germany. In: N. Wellbrock, A. Bolte (eds.), Status and Dynamics of Forests in Germany. 261-293 pp., Ecological Studies 237, https://doi.org/10.1007/978-3-030-15734-09.
21. Zarin Kafsh, M. 2001. Forest soil science (soil and plant interactions in relation to environmental factors of forest ecosystems). Forests and Rangelands Research Institute, 200-223 pp (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]

OPEN ACCESS

Study of Nutrient Uptake Status of Tree Species in a number of parks in Tehran

Farhad Ghasemi Aghbash[1], Akram Aghaei[2] and Delbar Ghanbari[2]

1- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, (Corresponding author: ghasemifarhad@yahoo.com)
2- M.Sc. Student of Forestry, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
Received: 18 June, 2022 Accepted: 17 October, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The decline of natural forests has been caused urban afforestation to acquire a particular importance with the purpose of green space development level, therefore, the selection of appropriate plant species plays a substantial role in the development and stability of urban green space. The nutrients evaluation is significant in in selection of appropriate species for planting and in a way that species can be selected and supplemented by either consumption of the whole available nutrients in habitat or with their accompanying species.

Material and Methods: The present study was conducted to evaluate the high consumption nutrients (Nitrogen, Phosphorus, Calcium, Carbon, Magnesium and Potassium) in the leaves of Mulberry, Ash, Tehran Eldarica Pine and Arizona Cypress in two summer and autumn seasons in four geographical areas (Jamshidieh Park, Sorkheh Hesar Park, Vard Avard Park and Shaghayegh Park) in Tehran. Also, retranslocation of nutrients was measured in four parks and three species (Mulberry, Ash and Tehran Eldarica Pine). At the end of the growing season, the mature green leaves (80 samples) and at the end of the autumn season, the fallen leaves (60 samples) were collected at the base of the tree and packed in zippered bags with the desired specifications on them and transferred to the laboratory. The leaves were washed with sterile distilled water to remove contaminants, then dried in an oven at 70 ° C for 24 hours and then ground. Chemical analyzes were performed using standard instructions. Statistical analyzes such as general comparison of means (one-way analysis of variance) and group means (Duncan test) were performed.

Results: The results of this study showed that the average nutrients in summer leaves are higher than autumn leaves. In Sorkheh Hesar, Shaghayegh and Jamshidieh parks, in summer leaves, the highest amounts of nutrients related to calcium (62.66 mg/g in Shaghayegh Park) and in Alder was recorded. While in Vard Avard Park, the highest amount of this element was observed in mulberry (68.32 mg/g). In autumn leaves, in three parks of Shaghayegh, Jamshidieh and Vard Avard, the highest concentration of nutrients related to calcium (42.66 mg/g in Shaghayegh Park) and was recorded in mulberry. While in Sorkheh Hesar Park, calcium concentration was recorded in Alder (50.66 mg/g). Regarding the percentage of nutrient retranslocation in the studied species in Sorkheh Hesar Park Magnesium (63.04%) in Alder, in Shaghayegh Park Potassium (52.58%) in Mulberry, in Jamshidieh Park Potassium (63.79%) in Tehran Eldarica pine and in Vard Avard Park calcium (41.45%) in mulberry had the highest nutrient retranslocation.

Conclusion: The species studied in this study had different nutrients in their summer and autumn leaves. These species also retranslocation a different amount of each element. It is suggested that this issue be taken into consideration in the management and planning of urban forestry, and the tree species used, which are mainly the main tree species in urban forestry, should be classified based on the status of nutrients.

Keywords: Forest species, Macro elements, Retranslocation, Urban forestry

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.21.4.0]

[DOI: 10.61186/ifej.11.21.40]