بررسی وضعیت زرد برگی آهن درختان چنار فضای سبز شهر اصفهان، I: غلظت عناصر معدنی در برگ

امیرحسین خوشگفتارمنش[۱]، حمید رضا عشقی‌زاده[۲*]، آزاده سنایی استوار[۱]، مریم تابان[۳]

(تاریخ دریافت۱۳۹۲/۷/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۲۳)

چکیده

به‌منظور ارزیابی وضعیت زرد برگی درختان چنار فضای سبز شهری اصفهان، شدت زرد برگی ظاهری ۷۳ درخت از مناطق مختلف بر اساس ۱: ضعیف (کمتر از ۵٪ برگ‌ها)، ۲: متوسط (کمتر از ۵۰٪ برگ‌ها)، ۳: شدید (بیشتر از ۵۰٪ برگ‌ها)، ۴: خیلی شدید (بیش از ۹۵٪ برگ‌ها) انتخاب و طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ از برگ‌های کامل (همراه با دمبرگ) دو قسمت بالایی و پایینی هر درخت به‌صورت جداگانه نمونه‌برداری انجام شد. سپس برخی ویژگی‌های شیمیایی برگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت آهن برگ‌های جوان در طی دو سال به‌ترتیب در بیش از ۹۵ و ۷۱ درصد از درختان، کمتر از حد بحرانی آهن (۲۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. در مورد برگ‌های مسن نیز، غلظت آهن برگ تمامی درختان کمتر از حد بحرانی (۳۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود و این حالت در کلیه درختان چنار با زرد برگی ظاهری کم، نیز مشاهده شد. دامنه غلظت روی برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت روی برگ با شدت زرد برگی دیده نشد. در طی دو سال، غلظت روی برگ‌های جوان به‌ترتیب در بیش از ۹۲ و ۸۷ درصد درختان و تقریباً غلظت روی تمامی برگ‌های مسن درختان چنار مورد مطالعه کمتر از حد بحرانی (۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. مقایسهٔ غلظت مس با حد بحرانی این عنصر در برگ درختان چنار نیز نشان داد که بیش از ۹۰٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال اول و بیش از ۹۸٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال دوم و بیش از ۹۰٪ برگ‌های پیر نمونه‌برداری شده در سال اول دارای زیاد بود عنصر مس بودند. مقایسهٔ غلظت فسفر با حدود بحرانی (۰/۱۳٪) این عنصر نشان داد که در سال اول حدود ۷۹٪ و در سال دوم حدود ۵۳٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده دارای زیاد بود فسفر بودند. این وضعیت در مورد برگ‌های پیر کمی تعدیل یافته به‌شکلی که زیاد بود فسفر در سال اول در برگ‌های پیر مشاهده نشد و در سال دوم نیز تنها حدود ۲۹٪ از نمونه‌ها دارای غلظت‌های زیادتر از حد بحرانی فسفر بودند.

واژه‌های کلیدی: زرد برگی ظاهری آهن، حد بحرانی، غلظت آهن، غلظت روی

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hr.eshghizadeh@cc.iut.ac.ir

مقدمه

درخت چنار با داشتن ویژگی‌های منحصربه فرد نظیر قامت استوار، شاخه‌های موزون، تاج پهن و سایه‌ی گسترده، مناظر و چشم‌اندازهای زیبایی ایجاد کرده و به‌عنوان یکی از عوامل مهم و مؤثر در فضای سبز محسوب می‌شود (۲، ۴). وجود درختان چنار کهنسال در اغلب خیابان‌های شهر اصفهان نیز بیانگر قدمت تاریخی استفاده از این درخت در ایجاد فضای سبز شهری می‌باشد (۳). ولی متأسفانه در سال‌های اخیر درختان چنار دچار مساله زرد برگی شده و سرسبزی و طراوت خود را خیلی زود از دست می‌دهند و در پی آن چهره خیابان‌ها، پارک‌ها و مناطقی که این درخت به‌عنوان گیاه اصلی در ایجاد فضای سبز آنها به‌کار رفته، بسیار ناخوشایند و نامطلوب می‌شود.

به‌طورکلی بارزترین نشانه کمبود آهن در گیاهان، زرد شدن بین رگبرگ‌ها در برگ‌های جوان است که به‌عنوان کلروز یا زرد برگی آهن شناخته شده است. این پدیده یک اختلال پیچیده‌ی فیزیولوژیکی است که عوامل زیادی در ایجاد آن نقش دارند (۲، ۱۲، ۳۰، ۳۱) و از جمله گسترده‌ترین کمبودهای عناصر غذایی گیاهان در خاک‌های قلیایی است (۱۰). گیاهانی که دچار زرد برگی آهن هستند چون قادر به تولید کلروفیل کافی نیستند، زردی مشخصی روی برگ‌های جوان آنها ظاهر می‌شود. این گیاهان به‌دلیل نداشتن کلروفیل کافی عمل فتوسنتز را به‌طور کامل انجام نداده و در نتیجه رشد و عملکرد آنها کاهش می‌یابد (۲۱، ۲۹).

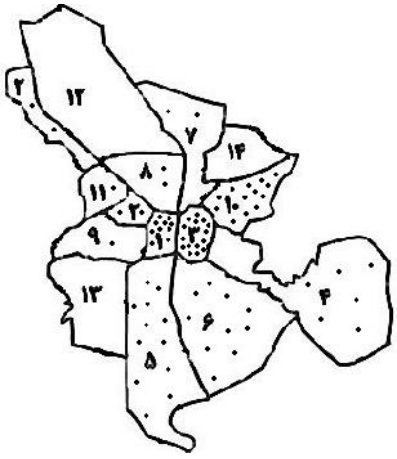
یکی از رایج‌ترین روش‌های تشخیص کمبود آهن، تجزیه برگ و تعیین غلظت آهن و عناصر دیگر در برگ‌ها است. در برگ‌های سبز، در حدود ۸۰ درصد آهن، بدون توجه به وضعیت غذایی آهن، در درون کلروپلاست‌ها جا دارد (۱). با وجود این‌که آهن در ساختار کلروفیل وجود ندارد، ولی نقشی ضروری در ساخت کلروفیل گیاهان دارد و مشخص شده‌است که Fe^{+2} مسئول تشکیل کلروفیل است (۹، ۱۲). آهن یکی از کوفاکتورهای مهم آنزیم‌های دخیل در مسیر سنتز کلروفیل می‌باشد و کمبود آن موجب اختلالات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در بسیاری از گیاهان می‌شود (۱، ۱۹، ۲۶).

در اغلب خاک‌ها، مقدار آهن کل زیاد بوده ولی قابلیت جذب آهن برای گیاه به‌دلیل رسوب اکسیدهای آهن در خاک کم است (۲۵). رسوب آهن به‌شکل این اکسیدها فعالیت آهن سه ظرفیتی در محلول را کاهش داده به‌طوری که غلظت Fe^{+3} در محلول بسیار کمتر از غلظت مورد نیاز گیاه (10^{-3}مولار) می‌باشد (۱۴). گرچه عوامل متعددی در ایجاد کلروز آهن در گیاهان نقش دارند، اما عامل عمده در زرد شدن برگ‌ها پی‌اچ بالای خاک و غلظت یون بی‌کربنات است (۵). برای احیای آهن سه ظرفیتی در آپوپلاست برگ‌های سالم مناسب‌ترین پی‌اچ حدود ۵ است (۲۸). در پی‌اچ استاندارد آپوپلاست (۶-۵/۵) در آوند چوبی بیکربنات وجود ندارد در صورتی که در گیاهان چوبی رشد کرده در محیط‌های آهکی غلظت نسبتاً بالایی از بیکربنات در شیره آوند چوبی مشاهده شده است (۲۸).

کمبود آهن در گیاهان بیشتر به‌دلیل قلیایی بودن خاک، وجود آهک زیاد در خاک، کمبود ماده آلی، عدم تهویهٔ کامل ریشه‌ها و زیاد بودن غلظت یون بی‌کربنات در آب آبیاری می‌باشد که موجب کاهش قابلیت استفادهٔ آهن در خاک و غیرفعال شدن آن در گیاه می‌شود (۶، ۷، ۸). در خاک‌های آهکی کربنات کلسیم با آب و کربن دی‌اکسید واکنش داده و بی‌کربنات تولید می‌شود (۲۰).

علائم کلروز آهن بیشتر در فصل بهار زمانی که بخش‌های هوایی گیاه در حال رشد سریع است، اتفاق می‌افتد، همچنین در این زمان به‌دلیل بارندگی بی‌کربنات در محلول خاک بالا رفته و موجب بافری شدن پی‌اچ خاک و آپوپلاست ریشه می‌شود (۲۸).

گزارش شده است در رقمی از سویا بروز کلروز آهن بیشتر از این‌که به غلظت بی‌کربنات وابسته باشد به غلظت فسفر و کلسیم در محلول خاک وابسته است. آهن در داخل گیاه توسط اثرات ترکیبی فسفر و کلسیم، غیرفعال می‌شود و اثر بی‌کربنات در ایجاد کلروز آهن در ظاهر غیرمستقیم است یعنی بی‌کربنات باعث افزایش میزان کلسیم و فسفر محلول خاک و در نهایت



شکل ۱. پراکنش نقاط نمونه‌برداری شده در مناطق مختلف شهر اصفهان

جذب آنها می‌شود (۶).

باتوجه به گسترش عارضه زرد برگی آهن در درختان چنار فضای سبز شهر اصفهان به‌ویژه در سال‌های اخیر، یافتن علت یا دلایل احتمالی از دغدغه‌های جاری جهت برطرف نمودن این نارسایی می‌باشد. بنابراین در این مطالعه ویژگی‌های شیمیایی برگ درختان چنار فضای سبز شهری اصفهان در ارتباط با وضعیت زرد برگی ظاهری، مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

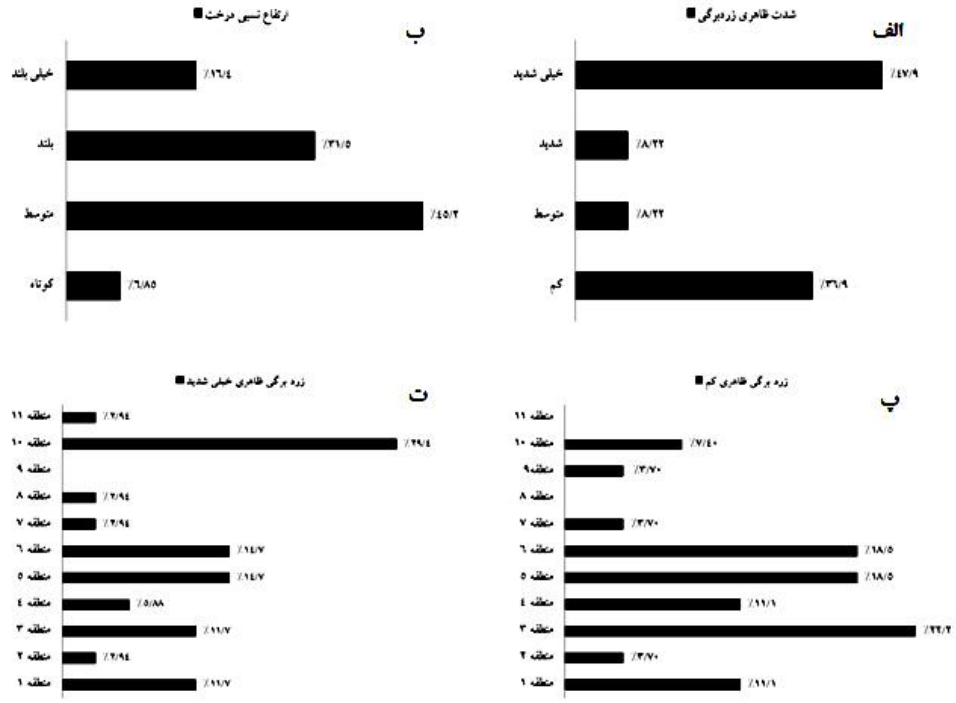
منطقه و روش نمونه‌برداری

ابتدا به‌منظور ارزیابی و تعیین حوزه مطالعاتی، از فضای سبز مناطق مختلف شهر اصفهان و وضعیت درختان چنار بازدید به‌عمل آمده و نسبت به علامت‌گذاری و تعیین موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) آنها به‌وسیله دستگاه GPS اقدام شد. همچنین ویژگی‌هایی نظیر کاربری سابق، فاصله درخت از جاده، فاصله از درختان کناری، ارتفاع نسبی و شدت زرد برگی ظاهری در بیش از ۱۰۰ درخت و در مناطق مختلف شهر اصفهان ثبت شد. شدت زرد برگی ظاهری براساس ۱: ضعیف (کمتر از ۵٪ برگ‌ها)، ۲: متوسط (کمتر از ۵۰٪ برگ‌ها) ، ۳: شدید (بیشتر از ۵۰٪ برگ‌ها)، ۴: خیلی‌شدید (بیش از ۹۵٪ برگ‌ها) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با توجه به مشاهدات و اطلاعات جمع‌آوری شده، نحوه نمونه‌برداری و تعداد مکان‌های مورد نظر تعداد ۷۴ درخت برای نمونه‌برداری و انجام مطالعه انتخاب شدند (شکل ۱).

طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در فاصله ماه‌های خرداد و تیر با هماهنگی صورت گرفته با مدیریت هر منطقه و با استفاده از بالابر از برگ‌های کامل (همراه با دمبرگ) دو قسمت بالایی و پایینی هر درخت به منظور تفکیک برگ‌های پیر و جوان به‌صورت جداگانه نمونه‌برداری شد. نمونه‌های برگی سپس جهت انجام سایر مراحل به آزمایشگاه منتقل شدند.

تعیین ویژگی‌های شیمیایی برگ گیاه

پس از نمونه‌برداری از برگ‌های درختان چنار انتخاب شده و انتقال آنها به آزمایشگاه، ابتدا تک‌تک برگ‌ها به‌وسیلهٔ آب شهر و سپس توسط آب مقطر شستشو شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد در خشک‌کن هواکش‌دار تا رسیدن به وزن خشک ثابت، قرار داده شدند. مواد خشک شده آسیاب شده به‌گونه‌ای که در نهایت یک نمونهٔ کاملاً یکنواخت به‌دست آمد. برای عصاره‌گیری، یک گرم از نمونهٔ پودر شدهٔ گیاه خشک به کروزهٔ چینی ۲۵میلی‌متری منتقل و در داخل کوره الکتریکی قرار داده شد. حرارت کورهٔ الکتریکی در ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم شده و نمونه‌ها به‌مدت ۲ ساعت داخل کوره قرار داده شدند. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به نمونه‌ها اضافه شده و به‌آرامی روی گرم‌کن تا زمانی‌که



شکل۲. توزیع درختان چنار با شدت‌های مختلف زرد برگی الف) ارتفاع نسبی متفاوت، ب) زرد برگی ظاهری کم یا خفیف، پ) زرد برگی ظاهری خیلی شدید و ت) در مناطق مختلف شهر اصفهان

نیمی از اسید تبخیر گشت، حرارت داده شد. سپس محلول تهیه شده از کاغذ صافی عبور داده شد و عصارهٔ صاف شده جمع‌آوری شد. بعد از آن حجم عصاره با آب مقطر به ۵۰-۲۵ میلی‌لیتر رسید. سپس غلظت عناصر مس، روی و آهن در عصارهٔ گیاه توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین‌المر ۳۰۳۰ قرائت شد. همچنین فسفر نمونه‌های برگ گرفته‌شده در سال دوم به‌روش رنگ‌سنجی در عصاره‌های حاصل از افزایش اسیدکلریدریک ۲نرمال به نمونه‌های برگ سوزانده شده در کوره و به‌وسیلهٔ دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبه آمار توصیفی شامل میانگین، خطای معیار، میانه، انحراف معیار، کمینه، بیشینه، دامنه و ضریب تغییرات و همچنین تجزیه واریانس یک‌طرفه داده‌های جمع‌آوری شده برای هرصفت با استفاده از آزمون غیرپارامتری کروسکال والیس (گروه‌های مورد بررسی مستقل و سه گروه و بیشتر) به‌کمک نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ و رسم شکل‌ها با Excel نسخه ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج و بحث

وضعیت درختان نمونه‌برداری شده در مناطق مختلف شهر اصفهان

در ارتباط با شدت زرد برگی ظاهری، از بین نمونه‌های انتخاب شده به‌ترتیب درختان با شدت زرد برگی ظاهری شدید با تعداد ۳۵ نمونه، درختان با شدت زرد برگی ظاهری کم با ۲۷ نمونه و درختان با شدت زرد برگی ظاهری متوسط و شدید هر کدام با ۶ نمونه در مناطق مختلف شهر اصفهان توزیع شده بودند (شکل۲-الف). این نتایج حکایت از وضعیت نسبتاً وخیم درختان چنار از نظر زرد برگی ظاهری دارد به‌شکلی که بیش از ۶۲ درصد از نمونه‌های انتخاب شده کم و بیش با زرد برگی روبرو بودند. در بین درختان انتخاب شده جهت نمونه‌برداری از نظر ارتفاع نیز تنوع قابل قبولی مشاهده شد به‌شکلی که توزیع آنها با شرایط موجود انطباق دارد (شکل ۲-ب). در بین درختان

جدول۱. برخی آماره‌های توصیفی غلظت آهن برگ‌های جوان و پیر درختان چنار شهر اصفهان با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی‌شدید در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷

شرح آماره	غلظت آهن برگ (میلی گرم در کیلوگرم)							
	زرد برگی ظاهری کم				زرد برگی ظاهری خیلی شدید			
	۱۳۸۷		۱۳۸۸		۱۳۸۷		۱۳۸۸	
	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر
میانگین	۱۱۱	۱۳۱	۱۸۰	۱۷۰	۱۲۵	۱۵۲	۱۶۸	۱۶۳
خطای معیار	۶/۸۲	۶/۵۲	۱۲/۴	۷/۸۰	۸/۴۸	۱۰/۹	۱۳/۷	۹/۹۰
میانه	۱۰۵	۱۲۶	۱۸۰	۱۶۱	۱۱۷	۱۴۰	۱۶۴	۱۵۷
انحراف معیار	۳۴/۷	۳۳/۳	۶۱/۹	۳۹/۷	۴۳/۲	۵۵/۸	۶۵/۸	۴۵/۳
کمینه	۵۷/۰	۷۷/۵	۱۰۰	۱۱۱	۶۶/۵	۷۷/۵	۸۰/۵	۸۳/۵
بیشینه	۲۰۴	۲۰۶	۳۴۶	۲۸۳	۲۲۴	۳۶۰	۳۳۸	۲۲۸
دامنه	۱۴۷	۱۲۹	۲۴۶	۱۷۲	۱۵۷	۲۸۲	۲۵۷	۱۴۵
ضریب تغییرات (٪)	۳۱/۰	۲۵/۴	۳۴/۳	۲۳/۳	۳۴/۵	۳۶/۷	۳۹/۰	۲۷/۷
تعداد نمونه	۲۶	۲۶	۲۵	۲۶	۲۶	۲۶	۲۳	۲۱

چنار مناطق مختلف شهر اصفهان، منطقه۹ دارای کمترین و منطقه۱۰ دارای بیشترین درخت با مشکل زرد برگی بودند (شکل‌های ۲-پ و ۲-ت).

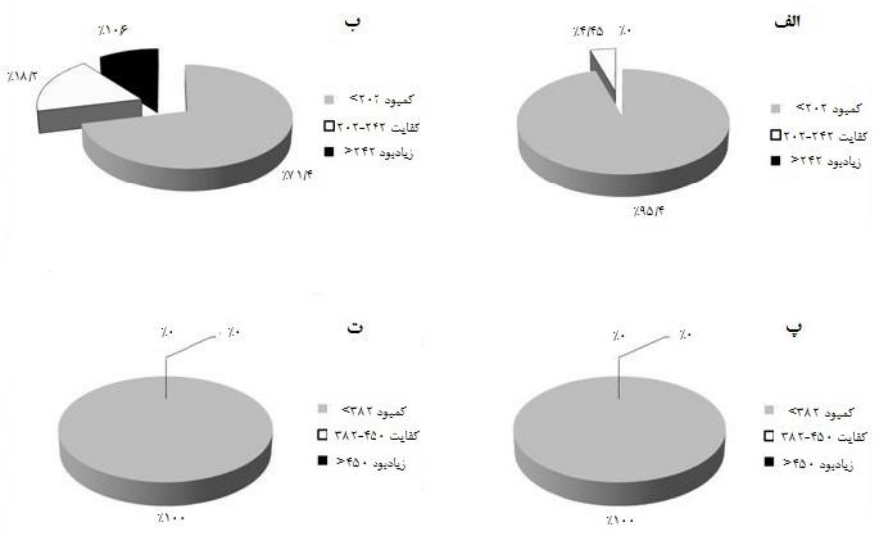
توصیف متغیرهای اندازه‌گیری شده در برگ

برای هرگونه مطالعه یا محاسبه آماری لازم است که داده‌های حاصله که به‌صورت توده‌ای از اعداد خام هستند، به‌شکل خاصی منظم شوند. تنظیم داده‌های عددی در جدول‌ها و ترسیم نمودار آنها، از اولین مراحل تجزیه آماری می‌باشد. این داده‌ها تا زمانی که مرتب شوند حاوی اطلاعات مهم و مفیدی می‌باشند. توصیف آماری صفات اندازه گیری شده در برگ درختان چنار به‌ترتیب در ادامه آورده شده است.

غلظت آهن برگ‌های جوان و پیر

میانگین، ضرایب تنوع و دامنه تغییرات غلظت آهن برگ‌های جوان و پیر درختان چنار با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی شدید طی دو سال نمونه‌برداری در جدول(۱) مشخص شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که دامنه غلظت آهن برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت آهن برگ با شدت زرد برگی دیده نمی‌شود. مشاهدات همچنین نشان می‌دهد که غلظت آهن برگ در سال دوم افزایش محسوسی نسبت به سال اول نمونه‌برداری دارد (جدول۱). که این امر با توجه به تیمار کودی درختان به‌صورت مصرف کود آلی، گوگرد پودری، سولفات آمونیوم و باکتری تیوباسیلوس به‌صورت چالکود در سال دوم قابل توجیه است.

توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت آهن (۲۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) (۲) برگ جوان در طی دو سال نیز نشان داد که غلظت آهن برگ به‌ترتیب در بیش از ۹۵ و ۷۱ درصد از درختان کمتر از حد بحرانی بود (شکل ۳- الف و ۳-ب). همچنین برخلاف انتظار از ۲۶ درخت با شدت زرد برگی ظاهری کم، غلظت آهن در ۲۵ درخت در سال اول (۹۶٪) و ۱۷ درخت در سال دوم (۶۵٪) کمتر از حد بحرانی بود. در ارتباط با حدود بحرانی غلظت آهن برگ مسن (۳۸۲

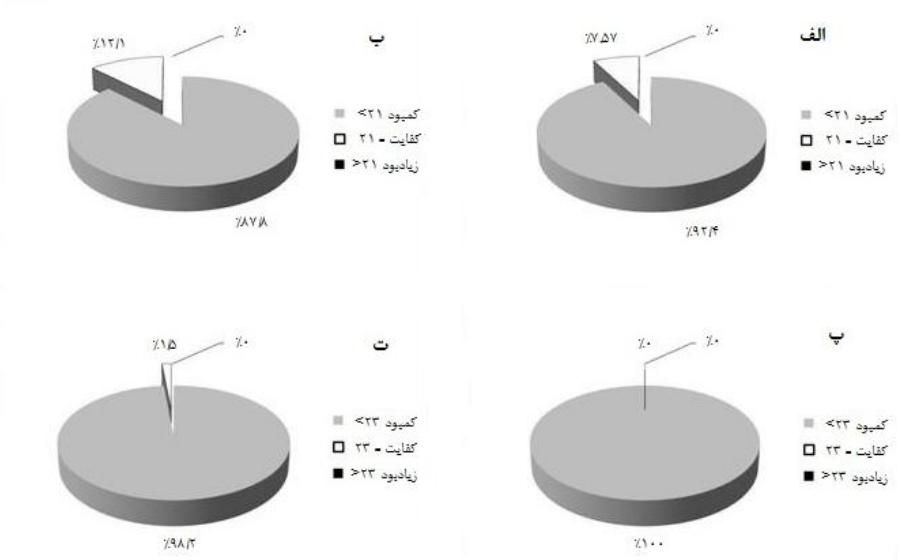


شکل۳. توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت آهن (mg/kg) برگ، الف) برگ جوان در سال ۱۳۸۷، ب) برگ جوان در سال ۱۳۸۸، پ) برگ مسن در سال ۱۳۸۷ و ت) برگ مسن در سال ۱۳۸۸

میلی‌گرم در کیلوگرم) (۲۲) توزیع درختان چنار مورد مطالعه در طی دو سال نیز نشان داد که غلظت آهن برگ تمامی درختان کمتر از حد بحرانی بود (شکل ۳-پ و ۳-ت) و این حالت غیرمنتظره در کلیه درختان چنار با زرد برگی ظاهری کم، نیز مشاهده شد. این امر نشان دهنده کمبود شدید آهن در درختان چنار مناطق مختلف شهر اصفهان است. در همین ارتباط مورالس و همکاران (۲۳) نیز در آزمایشی بر روی درختان هلو و گلابی به این نتیجه رسیدند که غلظت آهن گیاهان تحت تاثیر زرد برگی آهن، مشابه و یا حتی بیشتر از گیاهان سالم و دارای آهن کافی بود. در واقع، آهن ممکن است به‌شکل غیرقابل دسترس در برگ‌های زرد شده تجمع یابد، بنابراین غلظت آهن ممکن است بهترین شاخص زرد برگی آهن نباشد. انسلی (۱۳) نیز معتقد است که تمام آهن جذب شده به‌وسیلهٔ گیاهان به بخش هوایی انتقال داده نمی‌شود، به‌علاوه تمامی‌آهن انتقال یافته تبدیل به ترکیبات آلی نشده و به‌وسیلهٔ سلول‌های برگ جذب نمی‌شود، بنابراین در برخی موارد آهن کل گیاه معیاری از حالت تغذیه‌ای گیاه نیست. در واقع ممکن است بین غلظت آهن در برگ گیاهان کلروزه و گیاهان سالم اختلاف معنی‌داری وجود نداشته باشد (۱۱، ۱۶، ۲۴) و حتی گاهی مواقع برگ‌های کلروزه غلظت آهن بیشتری نسبت به برگ‌های سبز داشته باشند (۱۵، ۱۸ و ۳۱). مارشنر و همکاران (۱۷) نیز بیان کردند که غلظت‌های به نسبت زیاد آهن در برگ‌هایی که نشانه‌های زرد برگی کمبود آهن را نشان می‌دهند، این فرض را تقویت می‌کند که آهن ممکن است به شکل غیرفعال در بخش‌هایی از برگ کلروزه تجمع یافته باشد. به‌هرحال غلظت آهن کل در برگ شاخص معتبری برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاه نمی‌باشد (۲۷).

غلظت روی برگ‌های جوان و پیر

میانگین، ضرایب تنوع و دامنه تغییرات غلظت روی برگ‌های جوان و پیر درختان چنار با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی‌شدید طی دو سال نمونه‌برداری در جدول(۲) مشخص شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که دامنه غلظت روی برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت روی برگ با شدت زرد برگی دیده نمی‌شود. مشاهدات همچنین نشان می‌دهد که در بین درختان دارای شدت زرد برگی ظاهری



شکل۴. توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت روی (mg/kg) برگ، الف) برگ جوان در سال ۱۳۸۷، ب) برگ جوان در سال ۱۳۸۸، پ) برگ مسن در سال ۱۳۸۷ و ت) برگ مسن در سال ۱۳۸۸

جدول۳. نتایج محاسبات آزمون کروسکال والیس غلظت روی برگ‌های جوان با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۸

متغیر	کای اسکور	درجه آزادی	سطح معنی‌دار بودن
غلظت روی برگ‌های جوان در سال دوم	۱۲/۰	۳	۰/۰۰۷

خیلی‌شدید، غلظت روی برگ در سال دوم افزایش محسوسی نسبت به سال اول نمونه‌برداری دارد (جدول۲).

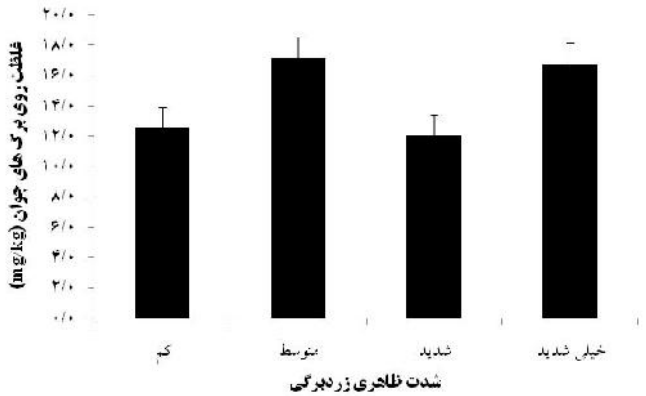
توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت روی برگ جوان (۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) (۲) در طی دو سال نیز نشان داد که غلظت روی برگ به‌ترتیب در بیش از ۹۲ و ۸۷ درصد درختان کمتر از حد بحرانی و در شرایط کمبود قرار داشت (شکل‌های ۴- الف و ۴-ب). همچنین برخلاف انتظار تمامی درختان با شدت زرد برگی ظاهری کم نیز غلظت روی کمتر از حد بحرانی داشتند.

در ارتباط با حدود بحرانی غلظت روی برگ مسن (۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) (۲) توزیع درختان چنار مورد مطالعه در طی دو سال نیز نشان داد که تقریباً غلظت روی برگ تمامی درختان کمتر از حد بحرانی بود (شکل‌های ۴-پ و ۴-ت). این امر نشان می‌دهد که همانند آهن کمبود شدید روی نیز در درختان چنار مناطق مختلف شهر اصفهان وجود دارد.

نتایج محاسبات آزمون کروسکال والیس نیز نشان داد که غلظت روی برگ‌های جوان با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۸ اختلاف معنی‌داری ($P<0/007$) با یکدیگر داشتند (جدول۳) و در سال دوم آزمایش غلظت روی برگ‌های جوان با افزایش شدت زرد برگی ظاهری افزایش یافت (شکل۵). بدین‌ترتیب مشاهده می‌شود که با وجود کمبود نسبی عنصر روی در برگ درختان ولی این کمبود در درختان دارای شدت زرد برگی کمتر است.

غلظت مس برگ‌های جوان و پیر

نتایج برخی آماره‌های توصیفی غلظت مس برگ‌های جوان و پیر درختان چنار شهر اصفهان با شدت زرد برگی ظاهری کم و



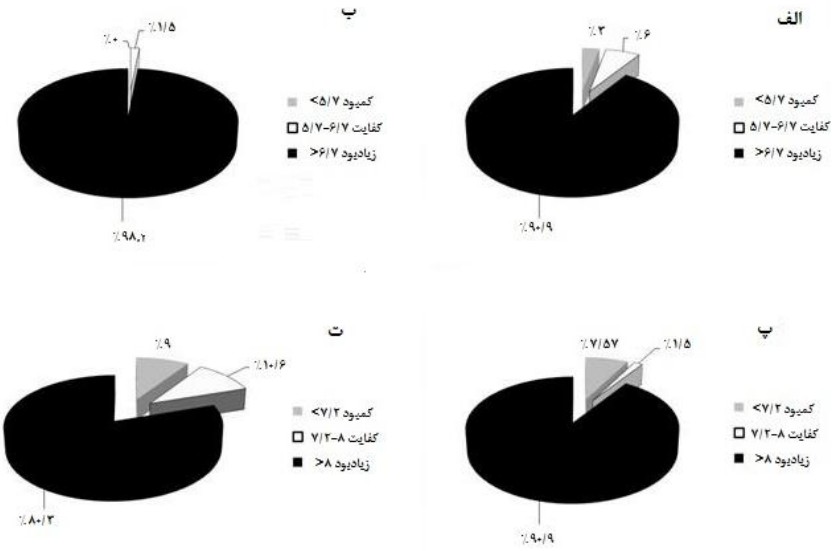
شکل۵. غلظت روی برگ‌های جوان با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۸

جدول۴. برخی آماره‌های توصیفی غلظت مس برگ‌های جوان و پیر درختان چنار شهر اصفهان با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی‌شدید در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷

شرح آماره	غلظت مس برگ (میلی‌گرم در کیلوگرم)							
	زرد برگی ظاهری کم				زرد برگی ظاهری خیلی‌شدید			
	۱۳۸۷		۱۳۸۸		۱۳۸۷		۱۳۸۸	
	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر
میانگین	۱۰/۹	۱۰/۶	۱۲/۶	۱۳/۲	۱۷/۳	۱۳/۴	۲۶/۸	۱۶/۱
خطای معیار	۰/۸۰۰	۰/۶۱۰	۱/۱۱	۱/۶۰	۲/۳۹	۰/۶۵۰	۳/۲۵	۱/۶۱
میانه	۱۰/۷	۱۱/۰	۱۱/۰	۹/۲۰	۱۳/۲	۱۲/۷	۲۳/۱	۱۵/۰
انحراف معیار	۴/۰۶	۳/۱۳	۵/۵۶	۸/۱۷	۱۲/۲	۳/۳۱	۱۵/۶	۷/۳۶
کمینه	۵/۵۰	۵/۰۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۰۰	۹/۰۰	۸/۳۰	۷/۰۰
بیشینه	۲۴/۰	۱۷/۰	۲۵/۷	۳۸/۴	۵۳/۵	۲۲/۰	۷۰/۰	۳۱/۲
دامنه	۱۸/۵	۱۲/۰	۱۹/۲	۳۱/۹	۴۶/۵	۱۳/۰	۶۱/۷	۲۴/۲
ضریب تغییرات (٪)	۳۷/۲	۲۹/۵	۴۴/۱	۶۱/۸	۷۰/۵	۲۴/۷	۵۸/۲	۴۵/۷
تعداد نمونه	۲۶	۲۶	۲۵	۲۶	۲۶	۲۶	۲۳	۲۱

خیلی‌شدید در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ نشان می‌دهد که دامنه غلظت مس برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت مس برگ با شدت زرد برگی دیده نمی‌شود. مشاهدات همچنین نشان می‌دهد که در بین درختان دارای شدت زرد برگی ظاهری خیلی‌شدید، غلظت مس برگ در سال دوم افزایش محسوسی نسبت به سال اول نمونه‌برداری دارد (جدول۴).

مقایسهٔ غلظت مس با حد بحرانی این عنصر (۵/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در برگ درختان چنار نشان داد که بیش از ۹۰٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال اول (شکل۶-الف) و بیش از ۹۸٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال دوم (شکل۶-ب) دارای زیادبود این عنصر بودند. همچنین بیش از ۹۰٪ برگ‌های پیر نمونه‌برداری شده در سال اول (شکل ۶-پ) و بیش از ۸۰٪ برگ‌های پیر نمونه‌برداری شده در سال دوم



شکل۶. توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت مس برگ، الف) برگ جوان در سال ۱۳۸۷، ب) برگ جوان در سال ۱۳۸۸، پ) برگ مسن در سال ۱۳۸۷ و ت) برگ مسن در سال ۱۳۸۸

جدول۵. نتایج محاسبات آزمون کروسکال والیس غلظت مس برگ‌های پیر و جوان با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸

متغیر	کای اسکور	درجه آزادی	سطح معنی‌دار بودن
غلظت مس برگ‌های پیر در سال اول	۱۲/۸	۳	۰/۰۰۵
غلظت مس برگ‌های جوان در سال دوم	۱۴/۹	۳	۰/۰۰۲

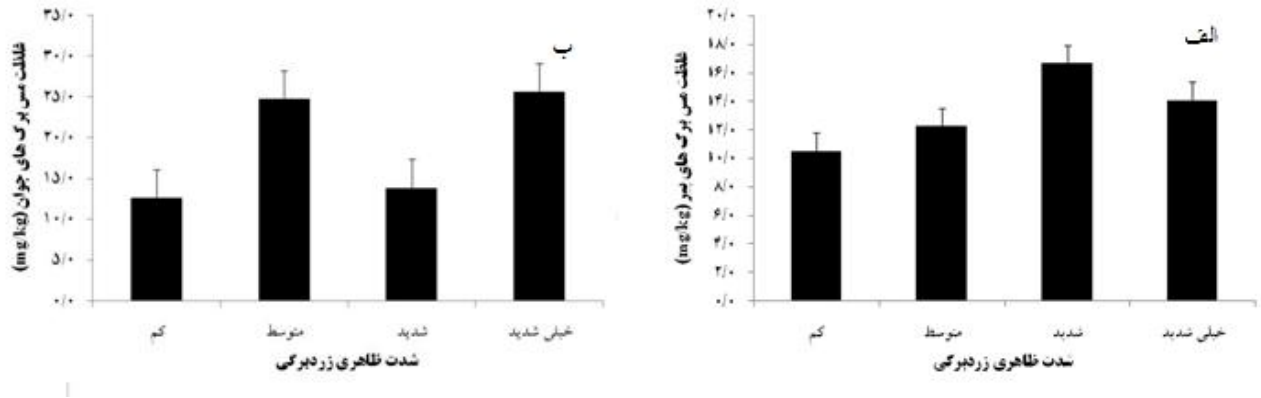
(شکل۶-ت) دارای زیادبود عنصر مس بودند.

نتایج محاسبات آزمون کروسکال والیس نیز نشان داد که در سال اول مطالعه غلظت مس برگ‌های مسن با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۸ اختلاف معنی‌داری ($P<0/005$) با یکدیگر داشتند (جدول۵) و با افزایش شدت زرد برگی ظاهری غلظت مس برگ‌های نیز افزایش یافت (شکل۷- الف). این وضعیت در مورد غلظت مس برگ‌های جوان در سال دوم آزمایش هم مشاهده شد (جدول۵ و شکل۷-ب). به‌نظر می‌رسد که زیاد بود عنصر مس در برگ‌ها، به‌ویژه در برگ‌های جوان، باعث کاهش مخزن فعال آهن از لحاظ فیزیولوژیکی و در نتیجه زرد برگی شده است.

غلظت فسفر برگ‌های جوان و پیر

میانگین، ضرایب تنوع و دامنه تغییرات غلظت فسفر برگ‌های جوان و پیر درختان چنار با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی‌شدید طی دو سال نمونه‌برداری در جدول(۶) مشخص شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که دامنه غلظت فسفر برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت فسفر برگ با شدت زرد برگی دیده نمی‌شود (جدول۶).

البته در هر دو سال آزمایش، غلظت فسفر در برگ‌های جوان دچار زرد برگی ظاهری شدید، بیشتر از غلظت این عنصر در برگ‌های پیر بود (جدول ۶). مقایسهٔ غلظت فسفر با حدود بحرانی این عنصر در برگ درختان چنار نشان داد که در سال



شکل۷. غلظت مس برگ‌های پیر با الف) شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۷ و ب) با شدت زرد برگی ظاهری متفاوت در سال ۱۳۸۸

جدول۶. برخی آماره‌های توصیفی غلظت فسفر برگ‌های جوان و پیر درختان چنار شهر اصفهان با شدت زرد برگی ظاهری کم و خیلی‌شدید در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷

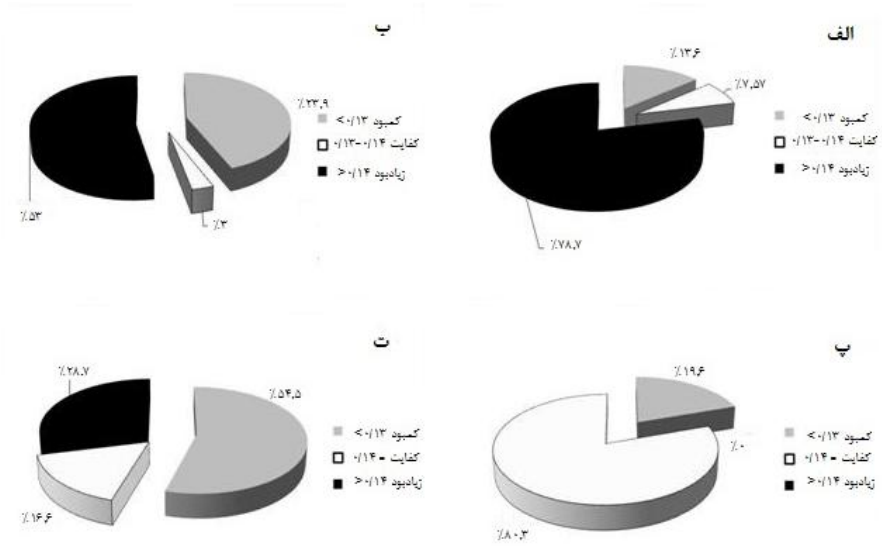
غلظت فسفر برگ (٪)

شرح آماره	زرد برگی ظاهری کم				زرد برگی ظاهری خیلی‌شدید			
	۱۳۸۷		۱۳۸۸		۱۳۸۷		۱۳۸۸	
	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر	جوان	پیر
میانگین	۰/۱۸۰	۰/۱۸۰	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰	۰/۱۹۰	۰/۱۷۰	۰/۲۳۰	۰/۱۵۰
خطای معیار	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰
میانه	۰/۱۷۰	۰/۱۸۰	۰/۱۲۰	۰/۱۴۰	۰/۱۶۰	۰/۱۵۰	۰/۱۹۰	۰/۱۲۰
انحراف معیار	۰/۰۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۸۰	۰/۰۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۰	۰/۱۳۰	۰/۰۸۰
کمینه	۰/۱۲۰	۰/۱۳۰	۰/۰۸۰	۰/۰۸۰	۰/۰۹۰	۰/۱۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۶۰
بیشینه	۰/۴۷۰	۰/۲۹۰	۰/۴۰۰	۰/۳۰۰	۰/۵۱۰	۰/۴۵۰	۰/۴۵۰	۰/۳۶۰
دامنه	۰/۳۵۰	۰/۱۶۰	۰/۳۲۰	۰/۲۲۰	۰/۴۲۰	۰/۳۴۰	۰/۴۴۰	۰/۳۰۰
ضریب تغییرات (٪)	۳۳/۳	۲۲/۲	۵۳/۳	۳۳/۳	۵۲/۶	۴۱/۱	۵۶/۵	۵۳/۳
تعداد نمونه	۲۶	۲۶	۲۵	۲۶	۲۶	۲۶	۲۳	۲۱

اول حدود ۷۹٪ (شکل۸-الف) و در سال دوم حدود ۵۳٪ (شکل۸-ب) برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده دارای زیاد بود فسفر بودند. این وضعیت در مورد برگ‌های پیر کمی تعدیل یافته بود به شکلی که زیاد بود فسفر در سال اول در برگ‌های پیر مشاهده نشد (شکل۸-پ) و در سال دوم نیز تنها حدود ۲۹٪ (شکل۸-ت) از نمونه‌ها دارای غلظت‌های زیادتر از حد بحرانی فسفر بودند.

نتیجه‌گیری

در بین درختان چنار مناطق مختلف شهر اصفهان، منطقه ۹ دارای کمترین و منطقه ۱۰ دارای بیشترین درخت با مشکل زرد برگی بودند. این نتایج حکایت از وضعیت نسبتا وخیم درختان چنار از نظر زرد برگی ظاهری دارد به شکلی که بیش از ۶۲ درصد از نمونه‌های انتخاب شده کم و بیش با زرد برگی روبرو



شکل۸. توزیع درختان چنار مورد مطالعه در ارتباط با حدود بحرانی غلظت فسفر برگ (٪)،
الف) برگ جوان در سال ۱۳۸۷، ب) برگ جوان در سال ۱۳۸۸، پ) برگ مسن در سال ۱۳۸۷ و ت) برگ مسن در سال ۱۳۸۸

بودند. غلظت آهن برگ‌های جوان به‌ترتیب بیش از ۹۵ و ۷۱ درصد درختان، کمتر از حد بحرانی آهن بود. در مورد برگ‌های مسن نیز، غلظت آهن برگ تمامی درختان کمتر از حد بحرانی بود و این‌حالت در کلیه درختان چنار با زرد برگی ظاهری کم، نیز مشاهده شد. دامنه غلظت روی برگ در درختان با شدت زرد برگی متفاوت و نیز در برگ‌های جوان و پیر هر درخت گسترده بوده و تناسبی بین غلظت روی برگ با شدت زرد برگی دیده نشد. غلظت روی برگ‌های جوان به‌ترتیب بیش از ۹۲ و ۸۷ درصد درختان کمتر از حد بحرانی و در شرایط کمبود قرار داشت و تقریباً غلظت روی تمامی برگ‌های مسن درختان چنار مورد مطالعه در طی دو سال کمتر از حد بحرانی بود. مقایسهٔ غلظت مس با حد بحرانی این عنصر در برگ درختان چنار نیز نشان داد که بیش از ۹۰٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال اول و بیش از ۹۸٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده در سال دوم و بیش از ۹۰٪ برگ‌های پیر نمونه‌برداری شده در سال اول دارای زیاد بود عنصر مس بودند. مقایسهٔ غلظت فسفر با حدود بحرانی این عنصر نشان داد که در سال اول حدود ۷۹٪ و در سال دوم حدود ۵۳٪ برگ‌های جوان نمونه‌برداری شده دارای زیاد بود فسفر بودند. این وضعیت در مورد برگ‌های پیر کمی تعدیل یافته به‌شکلی که زیاد بود فسفر در سال اول در برگ‌های پیر مشاهده نشد و در سال دوم نیز تنها حدود ۲۹٪ از نمونه‌ها دارای غلظت‌های زیادتر از حد بحرانی فسفر بودند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت و کارمندان محترم سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان به‌ویژه آقای مهندس فتحی سرپرست سازمان جهت تأمین مالی و پشتیبانی‌های فنی و نیز از همکاری مستمر مدیریت و کارکنان محترم مرکز پژوهشی کشت بدون خاک دانشگاه صنعتی اصفهان در طول اجرای این مطالعه، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. خلدبرین، ب. و ط. اسلام‌زاده، ۱۳۸۰. *تغذیه معدنی گیاهان عالی* (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شیراز.

۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. *ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ص ۳۰۷-۳۰۲.

۳. خوشگفتارمنش، ا. ح.، ح. ر. عشقی‌زاده، آ. سنایی استواره، م. میرلوحی و م. تابان. ۱۳۹۲. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی کمبود آهن در درختان چنار (*Plantanus orintalis* L.) فضای سبز شهر اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۶۴(۱۷): ۳۱-۱۹.

۴. شریفی‌نیا، م. ۱۳۷۲. *چنار*. واحد آموزش و پژوهش سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران. ص ۴۶.

۵. کلباسی، م، ۱۳۷۴. کلروز آهن در گیاهان و راه‌های مبارزه با آن، روابط عمومی سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان. ص ۱۲.

۶. یزدان‌پناه، ع. ۱۳۷۵. اثر تیمارهای مختلف بر کلروز آهن درختان چنار شهر اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

7. Abadia, A., A. Poc and J. Abadia. 1991. Could iron status be evaluated though photosynthetic pigmen change? J. Plant Nutr. 7: 911-928.
8. Abadia, J. 1992. Leaf responses to Fe deficiency: a review. J. Plant Nutr. 15: 1699-1713.
9. Assimakopoulou, A., C. D. Holevas and K. Fasseas. 2011. Relative susceptibility of some Prunus rootstocks in hydroponics to iron deficiency. J. Plant Nutr. 34: 1014-1033.
10. Bates, B. W. 1982. Parallels in plant and human iron nutrition. J. Plant Nutr. 5: 269-276.
11. Brown, J. C. and E. V. Wann. 1982. Breeding for Fe efficiency: use of indicator plants. J. Plant Nutr. 5: 623-635.
12. Foy, C. D., A. L. Fleming and J. W. Schwortz. 1981. Differential resistance of weeping love grass genotypes to iron related chlorosis. J. Plant Nutr. 3: 537-550.
13. Insley, H., R. C. Boswell and J. B. H. Gardiner. 1981. Foliar macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) in lime (*Tilia* spp.). Plant Soil 61: 391-401.
14. Lindsay, W. and A. Schwab. 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants. J. Plant Nutr. 5: 821-840.
15. Loeppert, R. H. 1986. Reaction of iron and carbonates in calcareous soils. J. Plant Nutr. 9: 195-214.
16. Manthey, J. A., B. Tisserat and D. E. Crowley. 1996. Root responses of sterile grown onion plants to iron deficiency. J. Plant Nutr. 19: 145-161.
17. Marschner, H., V. Romheld and M. Kissel. 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant Nutr. 9(3-7): 695-713.
18. Matocha, J. E. and D. Pennington. 1982. Effect of plant iron recycling on iron chlorosis of grain sorghum growth on calcareous soils. J. Plant Nutr. 5: 869-882.
19. Mengel, K. 1994. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils. Plant Soil. 165: 275-283.
20. Mengel, K. and G. Geurtzen. 1986. Iron chlorosis on calcareous soils. Alkaline nutritional condition as the cause for the chlorosis. J. Plant Nutr. 9: 161-173.
21. Miller, G. W., J. C. Pushnik and G. W. Welkie. 1984. Iron chlorosis, a worldwide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. J. Plant Nutr. 7: 1-22.
22. Mohammad, M. J., H. Najim and S. Khresat. 1998. Nitric acid- and O-phenanthroline-extractable iron for diagnosis of iron chlorosis in citrus lemon trees. Commun. Soil Sci. Plan. 29: 1035-1043.
23. Morales, F., R. Grasa, A. Abad´ıa and J. Abadia. 1998. Iron chlorosis paradox in fruit trees. J. Plant Nutr. 21: 815-825.
24. Pierson, E. E., R. B. Clark, J. W. Maranville and D. P. Coyne. 1982. Plant genotype differences to ferruous and total iron in emerging leaves. l. sorghum and maize. J. Plant Nutr.7: 371-387.
25. Romheld, V. and H. Marschner. 1983. Mechanism of iron uptake by peanut plants I. FeIII reduction, chelate splitting, and release of phenolics. Plant Physiol. 71: 949-954.
26. Schoenwiss, D. F. 1973. Correction of lime induced chlorosis of Pin Oak by liquid soil injection. HortSci. 8(4): 333-334.
27. Sonmaz, S. and M. Kaplan. 2004. Comparison of various analysis methods for determination of iron chlorosis in apple trees. J. Plant Nutr. 7: 2007-2018.

28. Tagliavini, M. and A. D. Rombola. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. Europ. J. Agron. 15: 71-92.
29. Torres, R. M., J. D. E. Barra., G. A. Gonzalez., J. R. Alcazar. and M. T. C. Leon. 2005. Morphological changes in leaves of Mexican lime affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr. 29: 615-628.
30. Vose, P. B. 1982. Iron nutrition in plants: a word overview. J. Plant Nutr. 5: 233-249.
31. Wallace, A. 1986. Field trip of 1985. International Iron Symposium. J. Plant Nutr. 9: 1059-1063.

Assessment of Iron (Fe) Chlorosis in Plane Trees (*Plantanus orintalis* L.) Grown in Green Space of Isfahan City, I: Leaf Mineral Concentration

A. H. Khoshgoftarmanesh[1], H. R. Eshghizadeh[2]*, A. Sanaei Ostovar[1] and M. Taban[3]

(Received: June 07-2013 ; Accepted : Dec. 14-2015)

Abstract

In order to assess the status of the iron (Fe) chlorosis of plane trees in green space of Isfahan city, the chlorosis intensity of 73 trees in different regions was recorded as (1): low (less than 5% of leaves), (2): moderate (less than 50% of leaves), (3): severe (more than 50% of leaves), and (4): very severe (more than 95% of leaves). The whole leaf (with petiole) samples were taken from the top and bottom of each tree, separately, during 2008 and 2009. Then selected chemical properties of the leaves were analyzed. The results showed that in more than 95 and 71% of the young leaves, Fe concentration was less than the critical deficiency level (202 mg/kg). Concentration of Fe in the older leaves of all plane trees even those with slight symptoms of chlorosis was less than the critical level (382 mg/kg). No significant relationship was found between the leaf zinc concentrations and intensity of iron chlorosis. In more than 92 (in the first year) and 87% (in the second year) of the plane trees, Zn concentration of young leaves and in all trees, Zn concentration of old leaves were less than the critical deficiency concentration (23 mg/Kg). The comparison between concentrations of Cu in the leaves with its critical deficiency level showed that more than 90% of young and old leaves accumulated toxic levels of Cu in both sampling years. In regard with the sufficient range of P, about 79% of the trees in the first year and 53% in the second year accumulated excess levels of this nutrient in their young leaves. This condition was slightly modified for the older leaves so that excessive concentration of phosphorus in mature leaves was not observed in the first year and in the second year, only about 29% of the samples had concentrations higher than critical levels.

Keywords: Critical levels, Iron, Iron chlorosis, Zinc.

1. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Isf. Univ. of Technol., Isfahan, Iran.
2. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agric., Isf. Univ. of Technol., Isfahan, Iran.
3. Master of Parks and Green Space Organization, Isfahan, Iran.
* Corresponding Author, Email: hr.eshghizadeh@cc.iut.ac.ir