

## ارزیابی دلایل سرخشیدگی و زردی زود هنگام درختان چنار (*platanus sp.*) در شهر مشهد با استفاده از تجزیه رگرسیون مکانی (*GGE biplot*)

امیر لکزبان<sup>۱\*</sup> - ولی فیضی اصل<sup>۲</sup> - علی تهرانی فر<sup>۳</sup> - اکرم حلاج‌نیا<sup>۴</sup> - حدیثه رحمانی<sup>۵</sup> - پیام پاکدل<sup>۶</sup> - هدایت محسنی<sup>۷</sup> - آرزو

طالبی<sup>۸</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۴

### چکیده

خشکیدگی سرشاخه‌های درختان یک مشکل جدی در بسیاری از مناطق دنیا است و اخیراً حفاظت و نگهداری از فضای سبز شهرهای بزرگ به چالشی مهم برای مسئولان شهری تبدیل شده است. این مطالعه به منظور ارزیابی و تعیین دلایل سرخشیدگی زود رس و زرد شدن زود هنگام برگ درختان چنار انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در ۱۵ بلوک (مکان آزمایشی) در سال ۱۳۸۸ به اجرا درآمد. کرت اصلی زمان نمونه‌برداری (بهار، تابستان و پاییز)، کرت فرعی وضعیت و رنگ عمومی درخت (سبز و زرد) و کرت فرعی در فرعی محل نمونه بر روی درخت (برگ‌های لایه پایین، لایه میانی و لایه بالایی) در نظر گرفته شد. پس از تهیه، آماده‌سازی نمونه‌های برگ، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و سدیم با استفاده روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری و اطلاعات با استفاده از روش تجزیه رگرسیون مکانی مورد تجزیه و تفسیر قرار گرفت. نتایج نشان داد که از بین عناصر مورد مطالعه کمبود نیتروژن با شدت بیشتری در لایه‌های پایینی در تابستان رخ داد و علائم کمبود بسیار بارزتر از فصل بهار بود. همچنین کمبود بسیار شدید آهن در گروه درختان زرد در مقایسه با درختان سبز به اثبات رسید که این کمبود با کمبود روی در گیاه توأم بود. با این تفاوت که کمبود روی در بهار چندان مشهود نبوده و شدت آن در تابستان بیشتر مشاهده شد، اما کمبود آهن از همان ابتدای فصل بهار در درختان چنار شروع و با شدت بیشتری در تابستان نمایان شد. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به نظر نمی‌رسد که کمبود عناصر غذایی دلیل اصلی خشکیدگی درختان چنار در شهر مشهد باشد و علت ظهور این علائم می‌تواند خشکسالی و کمبود شدید آب، سرمای شدید زمستان و اوایل فصل بهار و حمله قارچ‌های پارازیت چوب‌زی و ضعیف شدن گیاه و ظهور علائم زردی و سرخشیدگی سرشاخه‌ها باشد.

**واژه‌های کلیدی:** سرخشیدگی، علائم زردی، عناصر غذایی، تجزیه رگرسیون مکانی (*GGE biplot*)، چنار

### مقدمه

چنار یکی از عظیم‌ترین و کهنسال‌ترین درختان بوده که مورد توجه کلیه اقوام و ملل مختلف به ویژه ایرانیان قرار گرفته است (۶ و ۸). بزرگی، زیبایی، سرعت رشد سریع و وجود تاجی گسترده و شاخه‌های قوی این درخت سبب شده است که چنار جزء اولین انتخاب برای بسیاری از پارک‌ها و حاشیه خیابان‌ها در بسیاری از نقاط ایران به ویژه در گذشته نه چندان دور باشد (۵، ۷ و ۴۸). علاوه بر این چنار از دیرباز سودمندی‌های پرشماری را برای بشر داشته است که از آن جمله می‌توان به کاربردهای غذایی، دارو، فیبر، علوفه، هیزم، ابزار، اسلحه، قایق، پناهگاه، مبلمان اثاثیه منزل و کف‌پوش‌ها اشاره نمود (۱، ۲۰، ۵۱، ۵۴ و ۵۷).

خاک‌های مرطوب و اسیدی (pH مناسب ۴/۴ الی ۷/۵) با بافت لوم شنی یا لومی مناسب برای رشد درختان چنار بوده و خشکی باعث کاهش عمر آن می‌شود. این درخت در خاک‌های حاصلخیز و آبرفتی

- ۱- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
(\* نویسنده مسئول: Email: alakzian@yahoo.com)
- ۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات دیم و دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد
- ۳- دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۴- کارشناس ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۵- دانشجوی کارشناس ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۶- کارشناس ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۷- کارشناس فضای سبز شهرداری مشهد
- ۸- دانشجوی کارشناس ارشد گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

می‌شود که در صورت تضعیف بیش از حد درختان چنار منجر به مرگ و نابودی آنان می‌گردد (۲۱، ۲۳، ۳۱، ۴۳، ۴۸ و ۵۸).

علاوه بر تأمین نیازهای تغذیه‌ای و شرایط اقلیمی مناسب برای رشد مناسب درختان چنار، آلودگی زیست بوم از مشکلات اساسی عصر حاضر به شمار می‌رود و امروزه تأثیر شرایط خاک و اقلیم بر روی رشد و ماندگاری درختان و تأثیر تنش‌های محیطی ناشی از ماشینی‌شدن زندگی مدرن و محدودیت استفاده از آب آبیاری در حفاظت و نگهداری از درختان و فضای سبز شهری به چالشی بسیار مهم تبدیل شده است (۶ و ۸ و ۳۰). از سوی دیگر در سال‌های اخیر خشکدگی برخی از درختان از جمله چنار، افاقیا، بلوط، ممرز، اوکالیپتوس و کاج در جنگل‌ها و شهرهای بزرگ مانند تهران، مشهد، گرگان و اصفهان به مشکلی جدی در مدیریت فضای سبز تبدیل شده و نظریات مختلفی مطرح گردیده است که از جمله مهمترین آنها می‌توان به گرم شدن تدریجی کره زمین، سرمای شدید و به ویژه سرمای دیررس بهاره، آلودگی هوای شهرهای بزرگ به ویژه 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، کمبود آب آبیاری در تابستان، آبیاری با آب‌های شور، آهکی بودن خاک به عنوان عامل پیری زودرس، کمبود عناصر غذایی، بیماری‌های قارچی و آفات، خشکاندن تعمّدی درختان چنار توسط برخی از ساکنین آپارتمان‌های بزرگ به منظور استفاده بیشتر از نور خورشید و غیره اشاره نمود (۲، ۴، ۱۱، ۲۱ و ۵۸). لذا در این پژوهش دلایل سرخشکدگی و زردی زود هنگام درختان چنار در سطح شهر مشهد از دیدگاه تغذیه‌ای و تعادل عناصر غذایی در فصول مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تعادل عناصر غذایی و تعیین محدودیت‌های تغذیه‌ای درخت چنار در شهر مشهد آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) در ۱۵ بلوک (مکان آزمایشی)، شامل پارکها و فضاهای سبز در سطح شهر مشهد که درخت غالب آنها درخت چنار بود در سال ۱۳۸۸ با تیمارهای ذیل به اجرا درآمد:

الف- کرت اصلی (زمان یا فصل نمونه‌برداری از درخت، بهار، تابستان و پاییز در سه سطح)

ب- کرت فرعی (درختان دارای علائم زردی، درختان بدون علائم زردی در دو سطح)

ج- کرت فرعی در فرعی (مکان قرارگرفتن برگ بر روی درخت در سه سطح): برگ‌های بالغ لایه پایین، لایه میانی و لایه بالایی. نمونه برداری به صورت مرکب از چهار جهت کانونی در هر ارتفاع

با زهکشی مناسب به خوبی رشد می‌کند و در خاک‌های انتی‌سول، انیسیتی‌سول، آلفی‌سول و گاه و بیگاهی در رده‌های ورتی‌سول، هیستوسول و مالی‌سول نیز دیده می‌شود (۱۴، ۴۸، ۵۰ و ۶۱). داشتن آب‌های زیرزمینی غنی و یا تأمین آب کافی برای آن در تابستان‌ها از ضروریات پرورش این درخت بشمار می‌رود. اگرچه این درخت در گروه درختان آبدوست قرار دارد، اما به حالت ماندابی خاک حساسیت داشته و در صورت تداوم این حالت به مدت بیش از دو هفته، مرگ آن حتمی است (۳۷، ۴۰ و ۶۱). چنار کنترل‌کننده مناسبی برای فرسایش خاک است، اما در مقابل نمک (شوری) و آب‌های شور حساسیت‌های زیادی دارد (۱۵ و ۱۶).

نتایج تجزیه‌های برگی چنار نشان می‌دهد که به طور متوسط دارای ۱۳/۷ درصد پروتئین خام، ۱۸/۲ درصد لیگنین، ۲/۶۷ درصد کلسیم، ۰/۳۸ درصد منیزیم، ۰/۱۲ درصد فسفر و ۱/۶۵ درصد پتاسیم می‌باشد (۱۷، ۵۵) و با متوسط تولید سالیانه ۴/۷ الی ۸ تن بیوماس در هر هکتار، مقادیر ۴۰-۲۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۱۴-۳ کیلوگرم فسفر در هکتار، ۲۴-۱۱ کیلوگرم پتاسیم در هکتار، ۱۷ کیلوگرم کلسیم در هکتار و ۸ کیلوگرم منیزیم در هکتار در هر سال جذب می‌کند (۳۳، ۳۶ و ۶۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که از بین عوامل تغذیه‌ای، تأمین نیتروژن مورد نیاز به همراه آب کافی از مهمترین عوامل تولید و نگهداری این درخت بشمار می‌رود، به نحوی که وود و همکاران (۶۲) با مصرف انواع کودهای شیمیایی و بررسی جذب عناصر، به این نتیجه رسیدند که نیتروژن در ترتیب نیاز غذایی چنار در رأس تمامی عناصر مورد مطالعه قرار داشت. چاپلنسی و همکاران (۵۹)، میگروث و همکاران (۴۶) و مرینو (۴۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. علاوه بر نیتروژن کمبود آهن و روی نیز در برخی مناطق برای درختان چنار گزارش شده است. رضایی و همکاران (۴) علت اصلی علائم زردی درختان چنار را کمبود توأم آهن و روی مطرح نموده و با تزریق این عناصر علائم کمبود آنها را تا حدودی رفع نموده‌اند. نتایج تحقیقات رئیسی و شهابی (۳)، فرناندز و همکاران (۲۶) و زمورا و فرناندز (۶۸) نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

چنار به سرمای شدید و یخبندان حساسیت داشته و در اغلب ایالت‌های آمریکا سرما و یخبندان یکی از بزرگ‌ترین عوامل از بین رفتن و خشکدگی این درختان بوده است. مطلوب‌ترین دامنه متوسط دمای سالیانه برای آن ۴ الی ۲۱ سانتی‌گراد است و در ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا بیش از ۳۰۰۰ متری از سطح آب‌های آزاد رشد مناسبی دارد (۱۵، ۱۶، ۵۲، ۶۱). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرمای شدید (به ویژه دیررس بهاره) و همچنین خشکسالی و گرما باعث تضعیف درختان چنار و حمله بیماری‌های قارچی چوب‌زی و پارازیت ثانویه لگنین خوار مانند لکه دودی<sup>۱</sup> (*Cryptostroma corticale*) و آفات

1- Sooty bark disease

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه رگرسیون مکانی برای غلظت نیتروژن نشان داد که در ۶۰ درصد از مکان‌های مورد آزمایش در گروه درختان سبز بیشترین غلظت نیتروژن در نمونه‌های مربوط به فصل بهار در لایه بالایی (برگ‌های انتهایی)، ۲۰ درصد در لایه میانی (برگ‌های میانی) و ۲۰ درصد دیگر در لایه پائینی بود. در حالی که در ۶۰ درصد از نمونه‌های درختان زرد در فصل بهار، بیشترین غلظت نیتروژن در لایه پائینی و کمترین غلظت نیتروژن در برگ‌های لایه‌های میانی و انتهایی بود (نمودار ۱).

مطالعه روند تغییرات نیتروژن در فصل تابستان نشان داد که در ۳۳ درصد از درختان سبز بیشترین غلظت نیتروژن در برگ‌های انتهایی، ۲۷ درصد در برگ‌های میانی و در ۴۰ درصد در برگ‌های پائینی بود. در حالی که در ۵۳ درصد درختان زرد بیشترین غلظت نیتروژن در برگ‌های انتهایی، ۲۷ درصد در برگ‌های میانی و در ۲۰ درصد در برگ‌های پائینی مشاهده شد (نمودار ۲). به عبارت دیگر در ۸۰ درصد درختان زرد برای عنصر نیتروژن که متحرک در گیاه می‌باشد، برگ‌های پائینی دارای کمترین فراوانی در حداکثر و پایداری غلظت نیتروژن در گیاه بوده است و این موضوع کاملاً نشانگر کمبود نیتروژن در برگ‌های پائینی شاخه‌های زرد در گیاه است. مطابق این نتایج، در ۸۰ درصد از درختان گروه سبز در بهار که غلظت نیتروژن در برگ‌های انتهایی و میانی بیشترین بوده است، در تابستان این وضعیت تنها برای ۶۰ درصد از درختان گروه سبز صادق بود و کاهش ۲۰ درصدی در شرایط درختان این گروه نشانگر کمبود نیتروژن در برگ‌های فوقانی در تابستان در مقایسه با فصل بهار است که این مسئله موید کمبود نیتروژن (کمبود پنهان) حتی در درختان سبز در فصل بهار در استان خراسان رضوی در سال مورد مطالعه می‌باشد. همچنین در فصل پاییز، بیشترین غلظت نیتروژن در برگ‌های بالایی و کمترین میزان نیز در برگ‌های پایینی اندازه‌گیری گردید (نمودار ۲). در مجموع، مقادیر اندازه‌گیری شده نیتروژن در پاییز، کمتر از فصل بهار و بیشتر از فصل تابستان بود.

از سوی دیگر مقایسه وضعیت درختان گروه سبز و زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان داد که در مکان‌های مورد مطالعه با فراوانی ۷۵ درصد در گروه درختان زرد، حداکثر غلظت نیتروژن از اندام‌های پیر در بهار تبدیل به اندام‌های جوان در تابستان شده است. در حالی که در ۷۵ درصد از مکان‌های نمونه برداری در گروه درختان سبز حداکثر غلظت نیتروژن از اندام‌های جوان در فصل بهار تبدیل به اندام‌های پیر در فصل تابستان شد. به عبارت دیگر با سپری شدن یک فصل از زمان نمونه‌برداری اولیه (بهار) در درختان زرد، تدریجاً نیتروژن از اندام‌های پیر به جوان انتقال یافته و باعث کاهش فراوانی حداکثر غلظت نیتروژن در اندام‌های پیر در گروه درختان زرد شده

انجام شد.

به منظور تهیه نمونه‌های در هر مکان از برگ‌های دو درخت چنار میانسال حتی المقدور نزدیک به هم (یک درخت سالم بدون علائم کمبود و دیگری دارای علائم زردی و خشکیدگی سرشاخه‌ها) استفاده شد. از سه بخش تحتانی، میانی و فوقانی کانوپی هر درخت ۹ نمونه برگ کامل و بالغ و دارای ابعاد بزرگ جمع‌آوری شد. نمونه‌ها به سرعت به آزمایشگاه منتقل و در محلی با جریان هوا قرار داده شدند، زیرا تعرق از نمونه‌ها در محل بسته موجب پوسیدگی آنها می‌شود (۳۹). نمونه‌های برگ قبل از پژمردگی برای رفع آلودگی با استفاده از آب و محلول ضدعفونی کننده و در خاتمه با آب مقطر شستشو شدند. سپس نمونه‌ها بر روی یک دستمال کاغذی تمیز پخش شدند و آب اضافی نمونه‌ها کاملاً خارج شد (۱۸). نمونه‌ها پس از آگیری به آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند تا رطوبت آنها خارج و واکنش‌های آنزیمی متوقف شوند. نمونه‌های برگ بعد از مرحله خشک شدن آسیاب و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند تا نمونه‌ها یکنواخت گردند (۱۷، ۲۵ و ۵۶).

نمونه‌ها به روش اکسیداسیون تر (۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ) هضم شدند (۴۷). در عصاره‌های به دست آمده پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (۳۸)، عناصر کم مصرف روی، آهن، منگنز و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (۳۲)، فسفر با استفاده از روش مورفی و ریلی (۴۹) و نیتروژن به روش کج‌لدال تعیین گردید (۳۸).

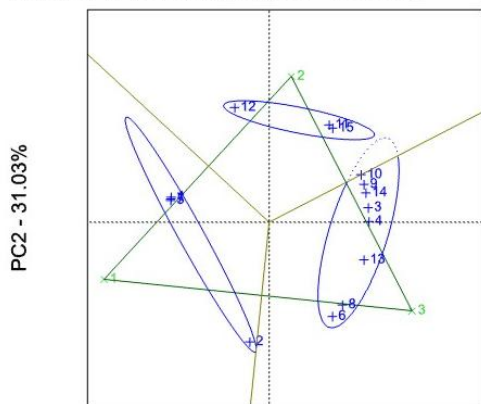
به منظور تجزیه و تحلیل آماری و مطالعه تعادل و تغییرات عناصر غذایی در لایه‌های مختلف درختان چنار در فصول مختلف نمونه‌برداری، پایداری عناصر غذایی (ثبات غلظت بالا) در فصول و اندام‌های مختلف گیاهی از روش تجزیه رگرسیون مکانی  $GGE^1$  biplot استفاده شد (۲۸ و ۶۴). روش تجزیه رگرسیون مکانی توسط کروسا و کورنلیوس (۲۲) به منظور شناسایی و ارزیابی کارایی یک لاین در محیط‌های مختلف (پایداری ارقام و ژنوتیپ‌ها) ابداع شد که یکی از روش‌های نوین در این خصوص به شمار می‌رود. اساس روش  $GGE$  biplot این است که اثر اصلی محیط را کنار گذاشته و تجزیه را براساس اثر ژنوتیپ + اثر متقابل ژنوتیپ و محیط انجام می‌دهد. بنابر این با حذف یک فاکتور از تجزیه و لحاظ آن در اثرات متقابل، تفسیر نتایج ساده و توصیه‌ها قابل فهم و کاربردی خواهد بود. در این روش تغییرات عامل مورد مطالعه در مکان‌های مورد مطالعه به راحتی قابل شناسایی و بحث می‌باشد و مناسب‌ترین تیمارها با استفاده از روش‌های تفسیری مختص آن قابل تشخیص و توصیه است (۴۲ و ۶۳). در این پژوهش به منظور تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و تجزیه رگرسیون مکانی از نرم افزار GenStat12 استفاده شد.

1- Site regression model or GGE biplot

نمونه برداری اولیه، بیشترین غلظت نیتروژن در برگ‌های پیر مشاهده شد و این موید شرایط طبیعی تغذیه‌ای این گروه درختان از لحاظ نیتروژن در مقایسه با درختان رنگ‌پریده می‌باشد (جدول ۱).

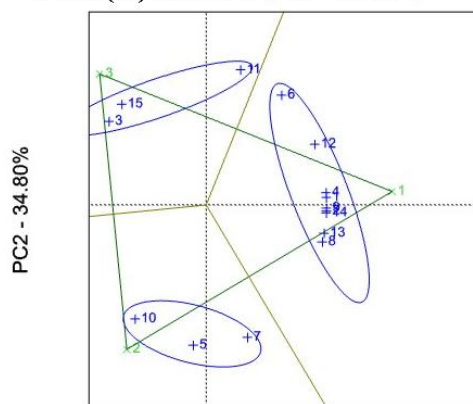
است که این امر باعث تشدید علائم کمبود نیتروژن (با فراوانی بالا در برگ‌های پائینی شاخه‌های رنگ پریده) از فصل بهار به تابستان شده است. در حالی که در درختان سبز با سپری شدن یک فصل از زمان

**Green (N) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 68.97%

**Pale (N) Scatter plot (Total - 100.00%)**

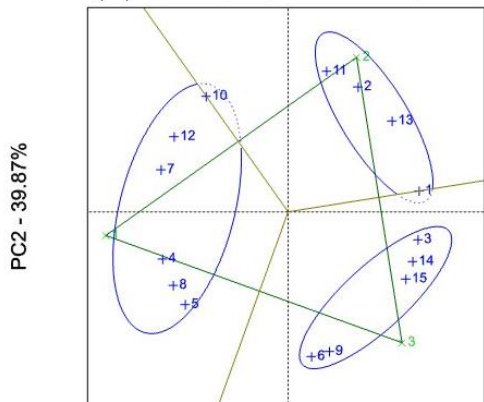


PC1 - 65.20%

**نمودار ۱- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار در مکان‌های آزمایشی برای نیتروژن در فصل بهار**

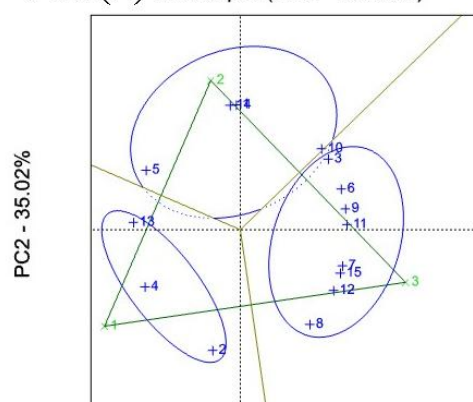
(توجه: در نمودار فوق و تمامی نمودارهای GGE Biplot در این مقاله سه عدد مثلث نشانگر لایه‌های نمونه برداری (۱- برگ‌های لایه پایینی، ۲- برگ‌های لایه میانی و ۳- برگ‌های لایه بالایی) و سایر اعداد محصور شده نشانگر مکان‌های مورد مطالعه (محیط) می‌باشد.)

**Green (N) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 60.13%

**Pale (N) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 64.98%

**نمودار ۲- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار در مکان‌های آزمایشی برای نیتروژن در فصل تابستان.**

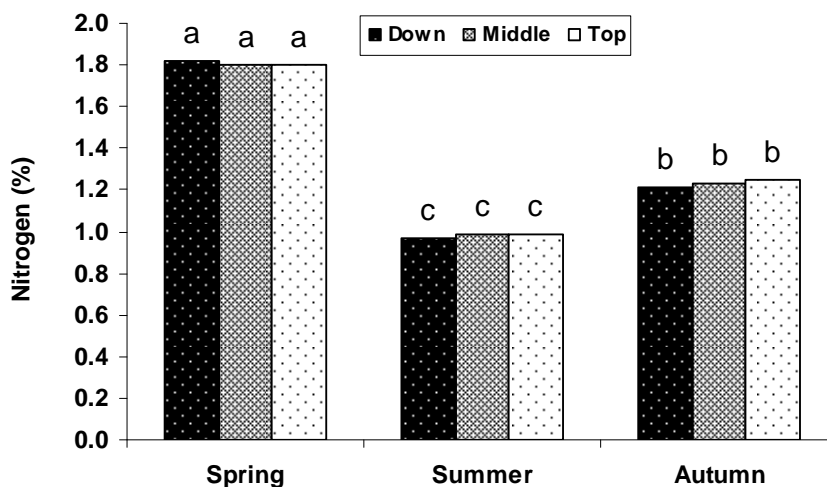
**جدول ۱- وضعیت حداکثر غلظت نیتروژن در فصول مختلف در برگ‌های چنار در مناطق مختلف.**

گروه درختان	فراوانی حداکثر غلظت نیتروژن در برگ‌های مختلف درخت چنار در مکان‌های مشابه (درصد)	فصل تابستان	فصل بهار	مشابه
سبز	۱۰۰ درصد در اندام‌های جوان	۷۵ درصد در اندام‌های پیر		
زرد	۱۰۰ درصد در اندام‌های پیر	۷۵ درصد در اندام‌های جوان		

۳۵ و ۴۴). نتایج تحقیقات انجام گرفته در آمریکا نشان می‌دهد که کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره به صورت تقسیطی (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در فصول بهار، تابستان و پائیز مناسب‌ترین مقدار و روش برای درختان چنار بشمار می‌رود (۵۹). نتایج پژوهش حاضر در اولویت دادن به تغذیه نیتروژن در درختان چنار با نتایج پژوهش‌های وود و همکاران (۶۲)، میگروث و همکاران (۴۶) و مرینو (۴۵) نیز مطابقت دارد.

نتایج به دست آمده برای فسفر نشان داد که در ۲۰ درصد از درختان گروه سبز در فصل بهار بیشترین غلظت فسفر در برگ‌های انتهایی، ۳۳ درصد در برگ‌های میانی و ۴۷ درصد در برگ‌های پایینی بود. در حالی که در گروه درختان زرد در فصل بهار حداکثر غلظت فسفر در ۲۰ درصد در برگ‌های انتهایی، ۱۳ درصد در برگ‌های میانی و ۶۷ درصد در برگ‌های پایینی قرار داشت. مطابق این نتایج در فصل بهار در گروه درختان رنگ زرد بیشترین غلظت فسفر در اغلب مکان‌های مورد مطالعه (۶۷ درصد) در برگ‌های پایینی و در گروه درختان سبز این مقدار ۴۷ درصد بود (نمودار ۴).

چنانچه از روش رگرسیون مکانی برای تفسیر اثرات متقابل نوع درختان (سالم و زرد) و لایه‌های مختلف نمونه‌برداری بر روی تغییرات نیتروژن در این لایه‌ها استفاده نمی‌شد، بحث تغییرات مورد نظر از طریق میانگین اثرات متقابل عوامل یاد شده قابل تشخیص نبود، زیرا که در این شرایط در فصول مختلف، تغییرات مشابهی در لایه‌های مختلف از لحاظ غلظت نیتروژن در گیاه وجود دارد و مطالب یادشده از چنین نتایجی قابل استنباط نمی‌باشد (نمودار ۳ و جدول ۲). چنین وضعیتی برای تمامی عناصر غذایی مورد مطالعه صادق بوده و این یکی از مزایای مهم روش تجزیه رگرسیون مکانی (GGE biplot) است (۲۹ و ۶۰). مطابق این نتایج استنباط می‌شود که تأمین نیتروژن مورد نیاز و شرایط مناسب برای جذب آن توسط درختان چنار در شهر مشهد یکی از اولویت‌های اساسی در برقراری تعادل تغذیه‌ای در این گیاه می‌باشد. به همین دلیل تأمین آب کافی با کیفیت مناسب در تغذیه نیتروژنی توسط این درخت آبدوست بسیار مهم است (۴۸، ۶۱ و ۶۲)، زیرا که نزدیک به ۸۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاهان از طریق جریان توده‌ای جذب گیاه می‌شود و برای جذب عنصر از این طریق، وجود آب مناسب و کافی از ضروریات آن محسوب می‌شود (۱۲، ۲۵).

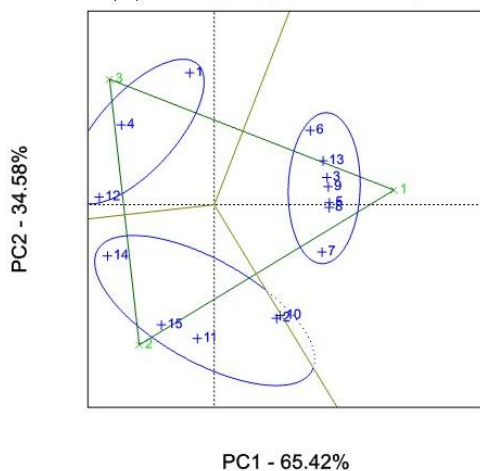


نمودار ۳- میانگین غلظت نیتروژن در لایه‌های پایینی، میانی و بالایی درختان چنار در فصول بهار، تابستان و پاییز.

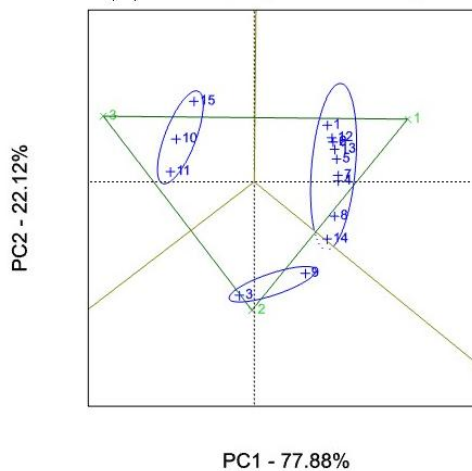
جدول ۲- متوسط غلظت عناصر پرمصرف و کم مصرف در برگ درختان زرد و سبز چنار در سطح شهر مشهد.

درخت	درصد						
	Cu	Mn	Zn	Fe	Na	K	P
زرد	۹/۹۶b	۹۶/۵b	۲۸/۳۱a	۲۴۳/۸a	۰/۰۲۸۸a	۱/۱۰۹b	۰/۱۱۶۶b
سبز	۱۱/۶۹a	۱۱۲/۳a	۲۹/۸۶a	۲۵۰/۹a	۰/۰۳۱۵a	۱/۲۷۸a	۰/۱۳۰۹a
LSD/%	۱/۳۰۱	۱۴/۴	۲/۵۹	۱۹/۵۴	۰/۰۰۳۳	۰/۱۰۲۳	۰/۰۰۸۵۶

Green (P) Scatter plot (Total - 100.00%)



Pale (P) Scatter plot (Total - 100.00%)



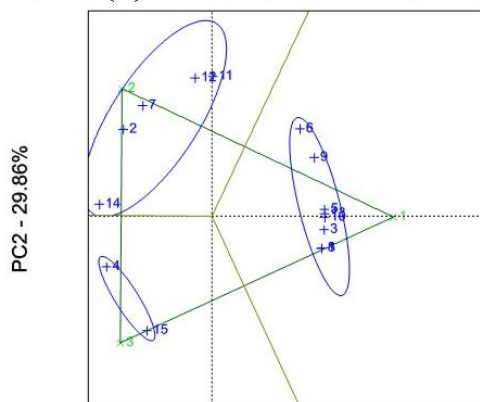
نمودار ۴- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای فسفر در فصل بهار.

علایم کمبود فسفر حتی در غلظت‌های پائین این عنصر در درختان چنار در مرحله جوانه‌زنی مشاهده نشد و ایشان چنار را از درختان مقاوم در مقابل کمبود فسفر مطرح نمودند، اما کاربرد کودهای فسفوری به دلیل افزایش هورمون سیتوکینین درون‌زا اثر مثبتی در رشد چنار داشت. در حالی که هاریسون و هلیول (۳۴) و فرانکلند و هاریسون (۲۷) فسفر را به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در رشد چنار گزارش نمودند و کابر و همکاران (۴۱) و فرانکلند و هاریسون (۲۷) عوامل میکوریزا و pH خاک را در جذب فسفر توسط چنار از عوامل موثر مطرح نموده و همبستگی مثبت میکوریزا را با میزان جذب فسفر به ویژه در خاک‌های غنی مورد تأیید قرار دادند. شاید غنی بودن خاک‌های مورد آزمایش از لحاظ فسفر از دلایل نداشتن کمبود شدید فسفر در درختان چنار بوده است، زیرا که نتایج تجزیه خاک نشان داد که تا عمق ۳۰ سانتی متری مکان‌های مورد آزمایش، متوسط میزان فسفر خاک در هر دو گروه درختان سبز و زرد بالا بود و حتی این مقدار در گروه درختان زرد بیشتر از درختان سبز بود (جدول ۳). همچنین مطالعه پراکنش فسفر در مکان‌های مختلف نشان داد که در بیش از ۸۰ درصد نمونه‌های خاک در گروه درختان زرد و سبز میزان فسفر خاک بیش از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در بیش از ۶۴ درصد بیش از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. از نتایج یاد شده استنباط می‌شود که زیادی فسفر می‌تواند در تشدید علایم کمبود عناصر کم مصرف به ویژه روی و آهن موثر بوده باشد (۳۵ و ۴۴). غلظت فسفر در گروه درختان زرد بر خلاف خاک‌های مربوطه، کمتر از گروه درختان سبز بود (جدول ۲). از سوی دیگر نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاز فسفوری درختان چنار بسیار کمتر از سایر عناصر پر مصرف است و این موضوع می‌تواند پاسخ کم درختان چنار را به مصرف کودهای فسفوری توجیه نماید (۱۷ و ۳۶).

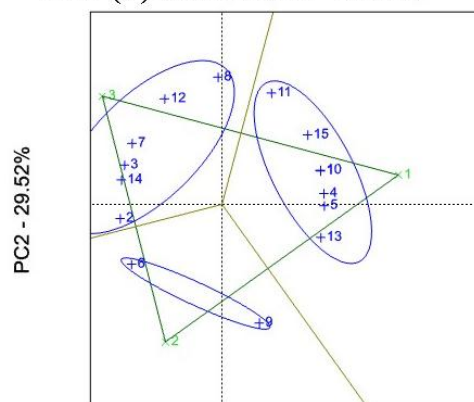
بررسی تغییرات غلظت فسفر در فصل تابستان نشان داد که فراوانی بیشترین غلظت فسفر در این فصل برای گروه درختان زرد به ۴۰ درصد تقلیل و برای گروه درختان سبز به ۶۷ درصد افزایش یافت (نمودار ۵). به عبارت دیگر در فصل تابستان نیاز به انتقال مجدد فسفر<sup>۱</sup> از اندام‌های پیر به اندام‌های جوان در گروه درختان زرد محسوس بوده، زیرا که تنها ۴۰ درصد از درختان زرد مورد مطالعه دارای بیشترین غلظت فسفر در فصل تابستان در برگ‌های پائینی بوده و در فصل بهار در شرایط مشابه ۶۷ درصد از درختان مورد مطالعه دارای وضعیت مشابهی بوده است (نمودار ۴ و ۵) و این موضوع نیاز به فسفر را در اندام‌های جوان در فصل تابستان در گروه درختان زرد در مقایسه با درختان سبز نشان می‌دهد. از سوی دیگر مقایسه وضعیت درختان گروه سبز و زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد که با فراوانی ۵۰ درصد در مکان‌های مورد مطالعه (درختان مشابه) در گروه درختان زرد، حداکثر فسفر از اندام‌های پیر در فصل بهار تبدیل به اندام‌های جوان در تابستان شده است. در حالی که در گروه درختان سبز بیشترین فراوانی غلظت فسفر در اندام‌های پیر در بهار و به ویژه تابستان بوده است. بر مبنای این نتایج، در درختان سبز هیچ مشکل تغذیه‌ای از لحاظ فسفر وجود نداشته و تنها برای تعدادی از درختان زرد با فراوانی بسیار کمتری در مقایسه با نیتروژن مشکل فسفر وجود داشته‌است، زیرا از مقایسه نتایج نیتروژن و فسفر چنین به نظر می‌رسد، شدت کمبود فسفر در مقایسه با شدت کمبود نیتروژن بسیار کمتر بوده و این کمبود بیشتر در فصل تابستان ظهور نموده است و لذا در فصل بهار کمبود فسفر مسئله چندان مهمی برای درختان چنار نبوده است. هلیول (۲۴) نیز گزارش نمود که

1- Phosphorus remobilization

Green (P) Scatter plot (Total - 100.00%)



Pale (P) Scatter plot (Total - 100.00%)



PC1 - 70.14%

PC1 - 70.48%

نمودار ۵- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای فسفر در فصل تابستان.

جدول ۳- مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک برای گروه درختان سبز و زرد در اعماق مختلف در سطح شهر

مشهد

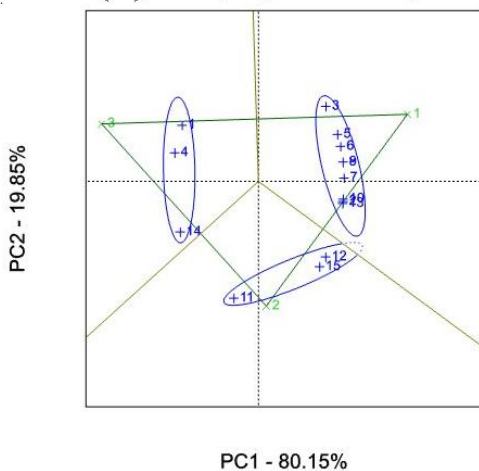
Sand	Clay	Silt	Total N	P	K	pH	EC	عمق خاک	درخت
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	dS/m	Cm		
۵۱	۲۰	۲۹	۱۰۵۴/۱	۳۰/۰	۲۴۲/۷	۷/۴	۱/۶	۰-۱۵	سبز
(۲۴/۲-۶۵/۵)	(۱۴/۵-۳۱/۸)	(۲۰-۴۴)	(۴۸۳-۱۵۱۲)	(۱۱/۷-۷۵/۴)	(۱۲۷/۲-۶۲۱)	(۷/۱-۷/۸)	(۰/۹۵-۲/۴۷)		
۴۴	۲۴	۳۲	۷۳۷/۹	۱۴/۴	۱۷۰/۰	۷/۵	۱/۴	۱۵-۳۰	
(۱۶/۲-۶۲/۵)	(۱۶/۵-۳۳/۸)	(۲۰-۵۰)	(۴۹۰-۱۱۶۲)	(۲/۰-۴۲/۹)	(۱۰۳/۵-۲۴۵/۴)	(۷/۲۲-۷/۸۴)	(۰/۷۸-۲/۲۶)		
۳۸	۲۸	۳۴	۱۱۹۷/۰	۳۷/۳	۱۹۳/۷	۷/۵	۱/۷	۰-۱۵	زرد
(۲۰/۲-۵۹/۵)	(۱۵/۸-۳۳/۸)	(۱۰-۴۶)	(۶۰۹-۱۹۶۰)	(۶/۸-۸۱/۹)	(۷۹/۸-۲۹۲/۷)	(۷/۰۲-۷/۶۵)	(۰/۹۵-۳/۱۲)		
۳۹	۲۷	۳۴	۸۲۵/۵	۱۹/۴	۱۵۳/۳	۷/۵	۱/۷	۱۵-۳۰	
(۱۴/۲-۶۷/۵)	(۱۵/۸-۳۵/۸)	(۱۶-۵۰)	(۲۹۴-۲۲۴۷)	(۲/۳-۴۹/۹)	(۷۰/۸-۲۱۸/۸)	(۷/۳۴-۷/۷۶)	(۰/۹۳-۴/۰۸)		

شده است، در حالی که این فراوانی برای درختان گروه درختان سبز در فصل تابستان در شرایط مشابه به ۱۰ درصد تقلیل یافت (نمودار ۷). لذا این نتایج نشان می‌دهد که در گروه درختان رنگ‌پریده نوسانات غلظت پتاسیم در زمان‌های نمونه‌برداری و اندام‌های مختلف گیاه وجود داشته است، اما این تغییرات برای گروه درختان سبز نیز تا حدودی مشابه بوده است. بنابراین به نظر نمی‌رسد با استفاده از این روش (GGE biplot) کمبود پتاسیم در درختان چنار مشکل حاد و موجب بروز علائم زردی و خشکیدگی سرشاخه‌ها گردیده باشد. مرینو (۴۵) نیز با مطالعه تعادل عناصر غذایی در درختان چنار در کشور آلمان گزارش نمود که این درختان به محلول‌پاشی برگ‌های پتاسیم پاسخ مثبتی نشان ندادند و کمبود این عنصر در برگ‌ها مشاهده نشد. نتایج این پژوهشگر در تفسیر نتایج تعادل عناصر غذایی در درخت چنار از این نظر که پتاسیم مشکل خاصی در تعادل تغذیه‌ای درختان چنار نبوده است، کاملاً با پیش‌بینی‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.

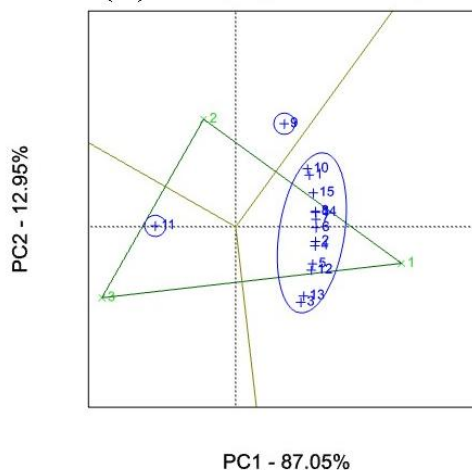
نتایج برای غلظت پتاسیم در گیاه نشان داد که در ۲۰ درصد از درختان چنار گروه سبز در فصل بهار بیشترین غلظت پتاسیم در برگ‌های انتهایی، ۲۰ درصد در برگ‌های میانی و ۶۰ درصد در برگ‌های پایینی بود. در حالی که در گروه درختان زرد در فصل بهار حداکثر غلظت پتاسیم در ۶ درصد در برگ‌های انتهایی، ۶ درصد در برگ‌های میانی و ۸۸ درصد در برگ‌های پایینی قرار داشت (نمودار ۶).

در تابستان بیشترین غلظت پتاسیم در گروه درختان سبز در برگ‌های پایینی ۵۴ درصد، میانی ۷ درصد و انتهایی ۴۰ درصد بود، اما برای درختان گروه سبز ۶۷ درصد حداکثر غلظت پتاسیم در مناطق، مربوط به برگ‌های پایینی، ۷ درصد در برگ‌های میانی و ۲۷ درصد در برگ‌های بالایی بوده است. از سوی دیگر مقایسه وضعیت درختان گروه زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان داد که با فراوانی ۵۴ درصد در مکان‌های مورد مطالعه (درختان مشابه)، حداکثر پتاسیم از اندام‌های جوان در فصل بهار تبدیل به اندام‌های پیر در تابستان

Green (K) Scatter plot (Total - 100.00%)



Pale (K) Scatter plot (Total - 100.00%)



نمودار ۶- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای پتاسیم در فصل بهار

(نیترژن، فسفر و پتاسیم) نشان می‌دهد و می‌تواند یکی از دلایل عمده زردی و خشکیدگی سرشاخه‌ها و یا تغییرات شدید آن در اثر عامل ثانویه بوده باشد.

همچنین مقایسه وضعیت درختان گروه زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد که با فراوانی ۶۷ درصد در مکان‌های مورد مطالعه (درختان مشابه)، حداکثر غلظت آهن از اندام‌های جوان در فصل بهار تبدیل به اندام‌های پیر در تابستان شده است. به عبارت دیگر کمبود آهن در اندام‌های جوان درخت چنار در فصل تابستان با ۶۷ درصد افزایش در مقایسه با فصل بهار بوده است. (نمودار ۹ و ۱۰). لذا جمع‌بندی نتایج به دست آمده برای آهن نشان می‌دهد که در گروه درختان زرد نوسانات غلظت آهن در زمان‌های نمونه‌برداری و اندام‌های مختلف گیاه بسیار شدید بوده و تغییرات آن در بین اندام‌های جوان و پیر بیش از سایر عناصر مورد مطالعه بوده است و تمامی این موارد گواه کمبود بسیار شدید آهن در گروه درختان زرد در مقایسه با درختان سبز بوده است. در حالی که نتایج مقایسه میانگین آهن برای گروه درختان سبز (۲۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و زرد (۲۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) این نتایج را نشان نمی‌دهد و غلظت آهن در برگ‌های چنار در هر دو گروه در یک کلاس از لحاظ آماری قرار دارند (جدول ۲). حد کفایت این عنصر در بیشتر گیاهان ۵۰-۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و حد بحرانی آن برای برخی از گیاهان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (۱۰). اغلب پژوهشگران کمبود آهن یا کلروزه را ناشی از عدم توازن یون‌های فلزی نظیر مس و منگنز، زیاد بودن مقدار فسفر در خاک، pH بالا، آهنک زیاد، رطوبت زیاد خاک، دمای سرد و زیادی مقدار  $\text{HCO}_3^-$  در محیط ریشه به ویژه آب آبیاری می‌دانند (۳ و ۴۴).

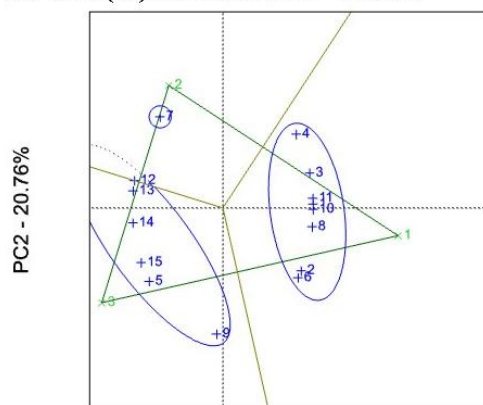
شاید دلیل این تشابه به اندازه کافی و در نسبت متعادل جذب شدن این عنصر در مقایسه با عناصر دیگر در این دو پژوهش بوده است. میانگین غلظت پتاسیم در گروه درختان سبز و زرد اختلاف معنی‌داری داشتند، به طوری که این مقدار برای درختان سبز (۱/۲۸ درصد) بیشتر از درختان رنگ زرد (۱/۱۱ درصد) به دست آمد (جدول ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم در برگ‌های چنار بسیار متغیر بوده و دارای دامنه ۰/۹-۶/۹ درصد و دامنه مجاز ۰/۹۷-۱/۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در برگ‌های جوان است (۹)، لذا براساس نتایج تجزیه برگ، استنباط میزان کمبود، زیاد بود و تعادل پتاسیم در گیاه به دلیل دامنه گسترده آن و نبود نرم‌های مربوطه بسیار دشوار است.

نتایج برای غلظت آهن در گیاه نشان داد که در ۲۰ درصد از درختان چنار گروه سبز در فصل بهار بیشترین غلظت آهن در برگ‌های انتهایی، ۴۰ درصد در برگ‌های میانی و ۴۰ درصد در برگ‌های پایینی بود. در حالی که در گروه درختان زرد در فصل بهار حداکثر غلظت آهن در ۵۳ درصد در برگ‌های انتهایی، ۲۰ درصد در برگ‌های میانی و ۲۷ درصد در برگ‌های پایینی قرار داشت (نمودار ۸).

در تابستان بیشترین غلظت آهن در گروه درختان سبز در برگ‌های پایینی ۶۰ درصد، میانی ۷ درصد و انتهایی ۳۳ درصد بود، اما برای درختان گروه زرد ۵۳ درصد حداکثر غلظت آهن در برگ‌های پایینی، ۳۳ درصد در برگ‌های میانی و ۱۴ درصد در برگ‌های بالایی بوده است (نمودار ۹). بنابراین با توجه به کم تحرک بودن آهن در گیاه (۴۴)، در درختان زرد در بهار فراوانی حداکثر غلظت آهن در برگ‌های بالایی از ۵۳ به ۱۴ درصد در تابستان تقلیل یافته است و این شدت کمبود این عنصر را بیش از تمامی عناصر بررسی شده

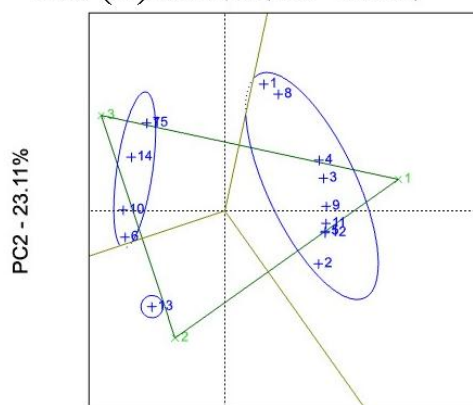


**Green (K) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 79.24%

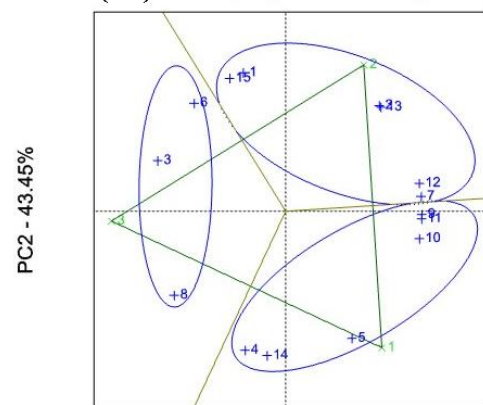
**Pale (K) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 76.89%

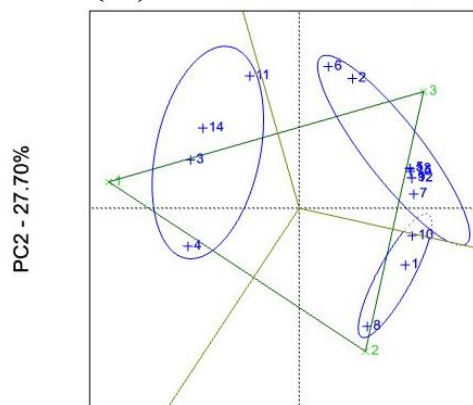
نمودار ۷- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای پتاسیم در فصل تابستان

**Green (Fe) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 56.55%

**Pale (Fe) Scatter plot (Total - 100.00%)**



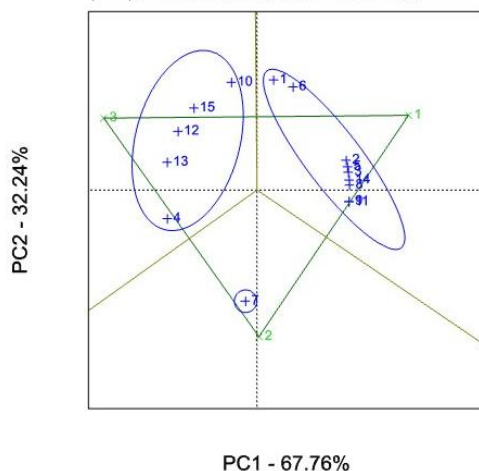
PC1 - 72.30%

نمودار ۸- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای آهن در فصل بهار

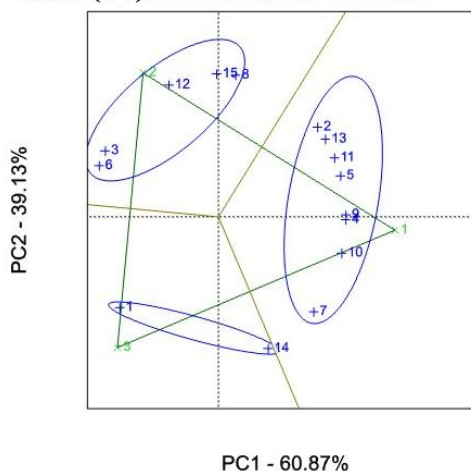
نیکولیک (۵۳) میزان فسفر و pH مناسب برای درخت چنار در این پژوهش بیش از دامنه مورد نیاز بوده و به ویژه سرمای شدید و تنش خشکی سال‌های اخیر خود می‌تواند عامل اصلی عدم جذب آهن و کمبود آن در درختان مورد مطالعه باشد (۴، ۳۵، ۴۴، ۴۸، ۵۲ و ۶۱). نتایج برای غلظت روی در گیاه نشان داد که در ۱۳ درصد از درختان چنار گروه سبز در فصل بهار بیشترین غلظت روی در برگ‌های انتهایی، ۴۷ درصد در برگ‌های میانی و ۴۰ درصد در برگ‌های پائینی بود. در حالی که در گروه درختان زرد در فصل بهار حداکثر غلظت روی در ۲۷ درصد در برگ‌های انتهایی، ۶ درصد در برگ‌های میانی و ۶۷ درصد در برگ‌های پائینی قرار داشت (نمودار ۱۰).

رضایی و همکاران (۴) با بررسی درختان چنار علت اصلی علایم زردی را کمبود آهن گزارش نمودند و با تزریق سیترات آهن بر این درختان نتیجه گرفتند که این عمل اثر معنی‌داری در افزایش میزان کلروفیل و غلظت آهن در برگ درختان چنار و رفع علایم زردی داشت. نتایج مشابهی برای درختان خرما (۶۵)، پسته (۳)، سیب (۱۱)، زیتون و هلو (۲۶) نیز گزارش شده است. در حالی که مرینو (۴۵) با انجام محلول‌پاشی برگی آهن بر روی برگ‌های درختان چنار گزارش نمود که درختان چنار به محلول‌پاشی آهن در خاک‌هایی با درصد اشباع بازی بالا و زهکشی خوب، پاسخ مثبتی نشان ندادند و غلظت این عنصر با استفاده از این روش در برگ‌های درخت چنار افزایش نیافت و همچنین ارتباطی بین غلظت این عنصر در گیاه با خصوصیات رشدی گیاه به دست نیامد. مطابق نظر مارشمن (۴۴) و رومهلد و

Green (Fe) Scatter plot (Total - 100.00%)



Pale (Fe) Scatter plot (Total - 100.00%)

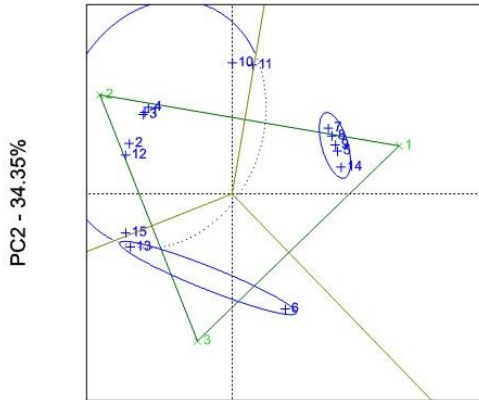


### نمودار ۹- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای آهن در فصل تابستان

محققین بر این باورند که کمبود روی به همراه آهن در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه در درختان رخ می‌دهد. نتایج پژوهش‌های رضایی و همکاران (۴) بر روی درخت چنار نیز این موضوع را تأیید می‌کند. این محققان گزارش نمودند که اثرات مطلوب رفع علائم زردی در تزریق توأم آهن و روی نتیجه مطلوب‌تری در مقایسه با تزریق روی داشت. تحقیقات رئیسی و شهابی (۳)، فرنانز و همکاران (۲۶) و زمورا و فرنانز (۶۵) نیز این نتایج را تأیید نموده و با پیش‌بینی‌های انجام گرفته در پژوهش حاضر مبنی بر کمبود توأم و شدید آهن و روی در درختان چنار در شهر مشهد مطابقت دارد و تنش‌های رطوبتی و خشکسالی در فصل بهار و تابستان به طور شدیدی می‌تواند کمبود این عناصر را تشدید نموده و کلروز برگ‌ی ایجاد نماید، زیرا که بخش اعظمی از آهن، روی و نیتروژن از طریق جریان توده‌ای جذب گیاه می‌شوند و کمبود آب می‌تواند عدم جذب این عناصر و زردی را در گیاه سبب شود (۱۳ و ۲۵). از این گذشته، برگ‌هایی که در بهار جوانه می‌زنند اغلب اندازه‌ی نرمالی دارند حال آنکه برگ‌های جوانه زده پس از این فصل، کوچکتر و زردترند و کمبود عناصر کم مصرفی همچون آهن را بیشتر نمودار می‌سازند (۱۹). لذا جهت حفظ تعادل عناصر غذایی همچون آهن و روی در گیاه، مقادیر کودی مناسب می‌بایست در بازه‌های زمانی مختلف، مطابق با شرایط موجود اعمال گردند.

در تابستان بیشترین غلظت روی در گروه درختان سبز در برگ‌های پایینی ۶۰ درصد، میانی ۲۰ درصد و انتهایی ۲۰ درصد بود و همچنین برای درختان گروه زرد ۶۰ درصد حداکثر غلظت روی در مناطق، مربوط به برگ‌های پایینی، ۲۰ درصد در برگ‌های میانی و ۲۰ درصد در برگ‌های بالایی بود (نمودار ۱۱). مقایسه وضعیت درختان گروه زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان داد که با فراوانی ۴۰ درصد در مکان‌های مورد مطالعه (درختان مشابه)، حداکثر غلظت روی از اندام‌های جوان در فصل بهار تبدیل به اندام‌های پیر در تابستان شده است (نمودار ۱۰ و ۱۱). این موضوع موید تشدید کمبود روی در گیاه در فصل تابستان می‌باشد. بنابراین نتایج، در فصل بهار در گروه درختان سبز بیشترین غلظت روی در اندام‌های میانی بوده، در حالی که در گروه درختان زرد در بخش‌های میانی گیاه حداقل فراوانی (۶ درصد) در مناطق مورد مطالعه وجود داشته است. تفاوت این ارقام نشان می‌دهد که درختان چنار زرد (علاوه بر کمبود نسبی نیتروژن، کمبود شدید آهن) به کمبود روی نیز دچار بوده‌اند، اما بر عکس کمبود آهن که شدت آن در تابستان به حداکثر رسیده است در خصوص کمبود عنصر روی، شروع و شدت آن در فصل بهار بالا بوده و نوسانات شدیدی از این لحاظ در گیاه در فصل تابستان رخ نداده است. مقایسات میانگین همانند سایر عناصر غذایی این تغییرات را در خصوص روی نیز نشان نمی‌دهد و برای هر دو گروه درختان سبز (۲۹/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و زرد (۲۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) غلظت روی در گیاه در یک کلاس از لحاظ آماری قرار دارد (جدول ۲).

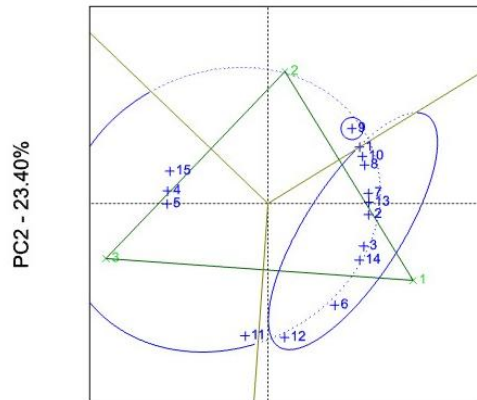
**Green (Zn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 65.65%

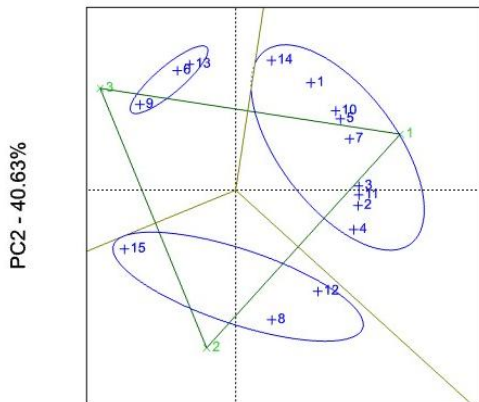
نمودار ۱۰- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای روی در فصل بهار.

**Pale (Zn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 76.60%

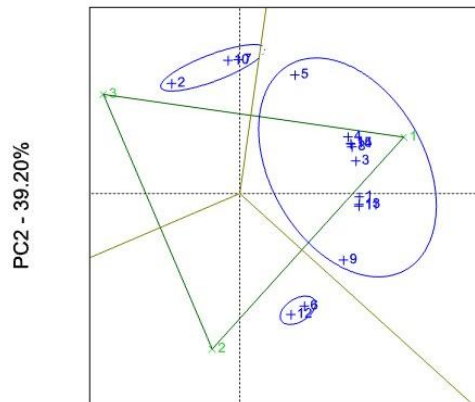
**Green (Zn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 59.37%

نمودار ۱۱- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای روی در فصل تابستان

**Pale (Zn) Scatter plot (Total - 100.00%)**

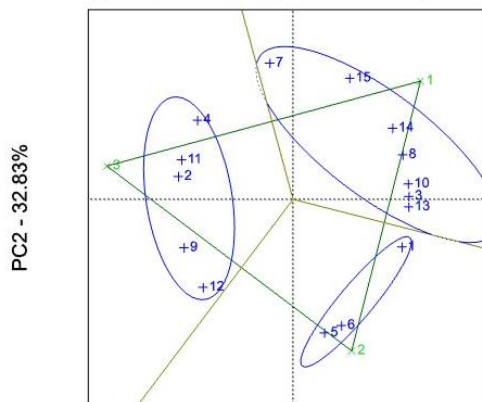


PC1 - 60.80%

در برگ‌های پائینی، ۲۰ درصد میانی و صفر درصد انتهایی بود و همچنین برای درختان گروه زرد ۶۰ درصد حداکثر غلظت منگنز مربوط به برگ‌های پائینی، ۲۷ درصد در برگ‌های میانی و ۱۳ درصد در برگ‌های بالایی بود. بنابراین در فصل تابستان در گروه درختان زرد بیشترین غلظت منگنز در اغلب مکان‌های مورد مطالعه (۶۰ درصد) در برگ‌های پائینی و در گروه درختان سبز این مقدار ۸۰ درصد در برگ‌های مشابه بود (نمودار ۱۳). مقایسه وضعیت درختان گروه زرد در دو فصل بهار و تابستان نشان داد که تغییرات زیادی در داخل این گروه از درختان در فصل بهار و تابستان مشاهده نمی‌شود.

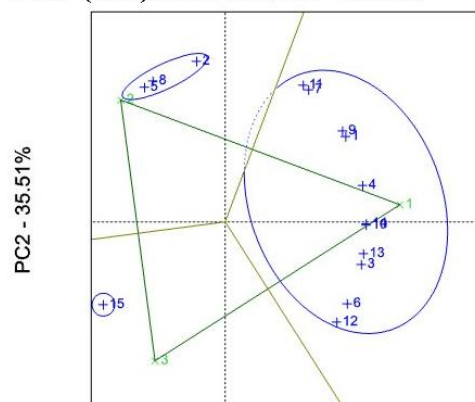
مطالعه غلظت منگنز در گیاه نشان داد که در ۳۳ درصد از درختان چنار گروه سبز در فصل بهار بیشترین غلظت منگنز در برگ‌های انتهایی، ۲۰ درصد در برگ‌های میانی و ۴۷ درصد در برگ‌های پائینی بود. در حالی که در گروه درختان زرد در فصل بهار حداکثر غلظت منگنز در ۶ درصد در برگ‌های انتهایی، ۲۰ درصد در برگ‌های میانی و ۷۴ درصد در برگ‌های پائینی قرار داشت. مطابق این نتایج در فصل بهار در گروه درختان زرد بیشترین غلظت منگنز در اغلب مکان‌های مورد مطالعه (۷۴ درصد) در برگ‌های پائینی و در گروه درختان سبز این مقدار ۴۷ درصد در برگ‌های مشابه بود (نمودار ۱۲). در تابستان بیشترین غلظت منگنز در گروه درختان سبز ۸۰ درصد

**Green (Mn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 67.17%

**Pale (Mn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



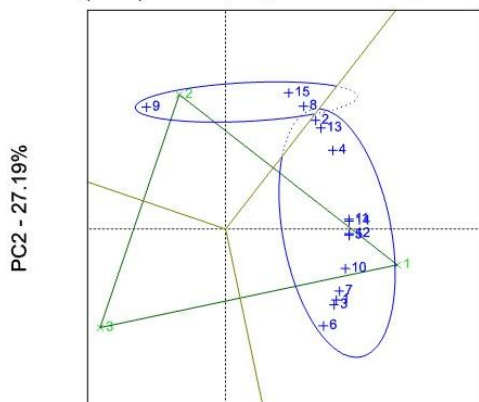
PC1 - 64.49%

نمودار ۱۲- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای منگنز در فصل بهار

کمبود بحرانی عنصر منگنز را برای گیاهان بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و عابدی و هنرجو (۱۰) حد کفایت آن را برای اکثر گیاهان ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کرده‌اند. مرینو (۴۵) با انجام محلول‌پاشی برگ منگنز در درختان چنار گزارش نمود که کاربرد این تیمار اثر مثبتی در رشد و عوامل رشد گیاه و همچنین غلظت منگنز در برگ نداشت. این نتایج با پیش‌بینی‌های انجام گرفته در پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد.

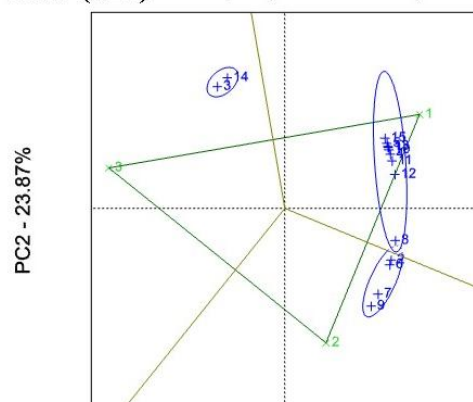
به عبارت دیگر فراوانی غلظت منگنز در برگ‌های مختلف چنار در تابستان دارای توزیع تقریباً مشابهی با فصل بهار در اندام‌های مختلف بوده و این موید این موضوع است که چنار از لحاظ منگنز دچار مشکل حاد نبوده است تا با استفاده از روش‌های مختلف از جمله انتقال مجدد بتواند بر این مشکل فائق آید. در حالی که نتایج مقایسه میانگین غلظت منگنز در گروه درختان سبز (۱۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و زرد (۹۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری را برای این عنصر نشان داد (جدول ۲). هاولین و همکاران (۳۵) میزان

**Green (Mn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 72.81%

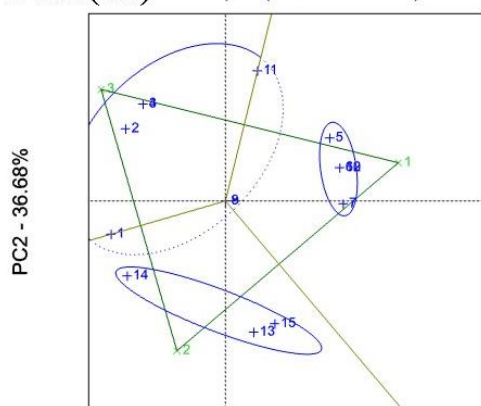
**Pale (Mn) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 76.13%

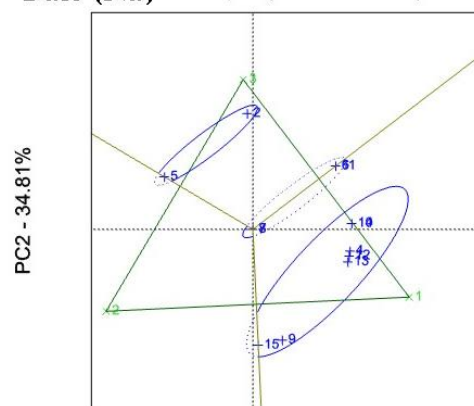
نمودار ۱۳- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای منگنز در فصل تابستان

**Green (Na) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 63.32%

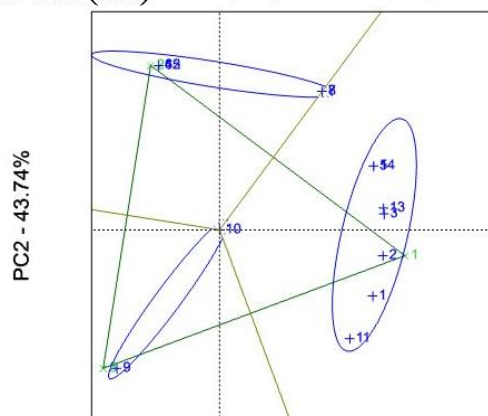
**Pale (Na) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 65.19%

نمودار ۱۴- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای سدیم در فصل بهار

**Green (Na) Scatter plot (Total - 100.00%)**



PC1 - 56.26%

نمودار ۱۵- پراکنش وضعیت نمونه بر روی شاخه چنار و مکان‌های آزمایشی برای سدیم در فصل تابستان

که بیشترین ضریب تغییرات مربوط به عنصر سدیم (۳۲ درصد) و کمترین آن مربوط به نیتروژن (۱۲ درصد) در گیاه بود که بنابراین نتایج داده‌های عنصر سدیم در مقایسه با سایر عناصر مورد مطالعه چندان قابل اعتماد و استناد نیست.

مطالعه وضعیت فراوانی حداکثر غلظت سدیم در فصل بهار در اندام‌های مختلف درخت چنار روند مشخصی را در بین درختان سبز و زرد نشان نداد و این موضوع به وضوح نشانگر عدم سمیت این عنصر در گیاه و بروز زردی و خشکیدگی سرشاخه‌ها در اثر سمیت آن می‌باشد (نمودار ۱۴ و ۱۵). روش تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان داد

## منابع

- ۱- خادم حقیقت م.ر. ۱۳۶۲. توزیع سرب در برگ‌های چنار نسبت به مراکز تردد خودروها در مناطق مختلف تهران. انتشارات دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی.
- ۲- خواجه الدین س.، رضایی م.، و شبان م. ۱۳۸۵. گزارش طرح شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی فضای سبز شهر اصفهان (جلد دوم): بررسی

- مقاومت به خشکی برخی از گونه‌های چوبی در فضای سبز اصفهان و جنگل‌های زاگرس و البرز. انتشارات دانشکده مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- رئیسی ف.، و شهابی ع.ا. ۱۳۸۰. رفع کلروز آهن و کمبود روی به روش تزریق عناصر غذایی با پ‌هاش پائین به تنه درختان پسته. هفتمین کنگره علوم خاک ایران. ۷-۴ شهریور. دانشگاه شهر کرد.
- ۴- رضایی س.، حاتم زاده ع.، و کافی م. ۱۳۸۶. رفع کلروز آهن درختان چنار به روش تزریق تنه. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران. شیراز.
- ۵- روحانی غ. ۱۳۸۴. راهنمای انتخاب و داشت درختان زینتی در فضای سبز. انتشارات آیز.
- ۶- شریفی نیا م. ۱۳۷۲. چنار. انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران.
- ۷- شیراوند د.، و رستمی ف. ۱۳۸۸. طراحی منظر فضای سبز با درختان و درختچه‌های زینتی. انتشارات سروا.
- ۸- صیامی ع.، و زهزاد ب. ۱۳۶۸. فلور آذربایجان؛ درختان و درختچه‌های آذربایجان (قسمت اول). جهاددانشگاهی دانشگاه ارومیه.
- ۹- عابدی کوپایی ج.، حسنی قره شیخلو ا.، و خسروانی شیرزی ز. ۱۳۸۹. مطالعه تشابه و خوشه بندی آب زیر زمینی مصرفی فضای سبز شهر اصفهان و بررسی تغییرات کیفیت آن در یک دهه. فصلنامه آب و فاضلاب اصفهان. ۹۵-۱۰۴.
- ۱۰- عبادی م.ج.، و هنرجو ن. ۱۳۸۲. مرجع عناصر کیمیا (جزئی)، کتاب مرجع. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.
- 11- Amini M., Khademi H., Afyuni M., and Abbaspour K.C. 2005. Variability of available cadmium in relation to soil properties and land use in an arid region in central Iran, *Water, Air and Soil Pollution*, 62:205-218.
- 12- Barber S.A. 1962. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability, *Soil Science*, 93:39-49.
- 13- Barber S.A. 1966. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soils, *Tech. Rep. Ser. Int. Atomic Energy Sgency*, No. 65, 39-45.
- 14- Bonner F.T. 1974. *Platanus L., sycamore*. In: Schopmeyer CS, tech. coord. *Seeds of woody plants in the United States*. Agric. Handbook 450. Washington, DC: USDA Forest Service, 641B644.
- 15- Brown R.G. and Brown M.L. 1972. *Woody plants of Maryland*. Baltimore, MD: Port City Press, pp. 347.
- 16- Burns R.M., and Honkala B.H. 1990. *Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods*. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol.2, pp. 877.
- 17- Burton N.L., and David S.A. 1991. Angora goats in Alabama woodlands. In: S.G. Solaiman, and W.A. Hill, (eds), *Using goats to manage forest vegetation: A regional inquiry: Workshop proceedings*; [Date of conference unknown]; [Location of conference unknown]. Tuskegee, AL: Tuskegee Agricultural Experiment Station, 78-83.
- 18- Campbell C.R. and Plank C.O. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. P. 37-52. In: Y.P. Kalra (eds.). *Handbook of Methods for Plant Analysis*, Soil and Plant Analysis Council, Inc.
- 19- Carlson D.W. 2003. Iron chlorosis in trees. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, USDA Forest Service.
- 20- Cassens D.L. 2007. *Hardwood lumber and veneer series: Sycamore*. Expert Reviewed, Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN 47907.
- 21- Coultherd P. 1978 Observations on the effects of drought on tree species (with particular reference to the summer of 1976, *Quarterly Journal of Forestry*, 72:67-80.
- 22- Crossa J. and Cornelius P.L. 1997. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances, *Crop Sci*, 37:406-415.
- 23- Desprez-Loustau M.L., Marçais B., Nageleisen L.M., Piou D. and Vannini A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees, *Annals of Forest Science*, 63:597-612.
- 24- Dhillon S.S. 1979. Influence of varied phosphorus supply on growth and xylem Sap cytokinin level of Sycamore (*Platanus occidentalis L.*) seedlings, *Plant Physiol*, 61:521-524.
- 25- Fageria N.K., Baligar V.C. and Jones C.A. 1991. *Growth and mineral nutrition of field crops*. Marcel Dekker, Inc.
- 26- Fernandes E., Barranco R.D. and Benlloch M. 1993. Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method, *Hort Science*, 28:192-194.
- 27- Frankland J.C. and Harrison A.F. 1985. Mycorrhizal infection of betula pendula and acer pseudoplatanus: relationships with seedling growth and soil factors, *New Phytologist*, 101(1):133-151.
- 28- Gauch Junior H., Piepho H.P. and Annicchiarico P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations, *Crop Science*, 48:866-889.
- 29- Gauch H.G. and Zobel R.W. 2009. Selection and G\*E: Advanced Topics, *Crop Sci*, 37:311-326.
- 30- Glick B.R. 2003. *Phytoremediation: Synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment*, *Biotechnol. Adv*, 21:383-393.
- 31- Gregoryaa P.H. and Wallerb S. 1951. *Cryptostroma corticale* and sooty bark disease of sycamore (*Acer pseudoplatanus*), *Transactions of the British Mycological Society*, 34(4):579-597.
- 32- Hanlon. E.A. 1998. Elemental determination by Atomic Absorption Spectrophotometry. p. 157-164. In: Y.P.

- Kalra (eds.). Handbook of Methods for Plant Analysis, Soil and Plant Analysis Council, Inc.
- 33- Hansen E.A. and Baker J.B. 1979. Biomass and nutrient removal in short-rotation intensively cultured plantations. In: Proceedings of the Symposium on Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. SUNY-ESF, Syracuse, NY, August 13-16, pp. 130-51.
  - 34- Harrison A.F. and Helliwell D.R. 1981. Growth of sycamore and birch in relation to soil chemical properties. In: F.T. Last and A.S. Gardiner (eds.) Forest and woodland ecology: an account of research being done in ITE. Cambridge, NERC/Institute of Terrestrial Ecology, pp. 75-77. (ITE Symposium, 8).
  - 35- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L. and Nelson W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management, Prentice-Hall, Inc.
  - 36- Heilman P. and Norby R.J. 1998. Nutrient cycling and fertility management in temperate short-rotation forest systems, Biomass and Bioenergy, 14:361-70.
  - 37- Hook D.D. 1984. Waterlogging tolerance of lowland tree species of the South, Southern Journal of Applied Forestry, 8:136-149.
  - 38- Horneck D.A. and Miller R.O. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue, In: Y. P. Kalra (eds.). Handbook of Methods for Plant Analysis, Soil and Plant Analysis Council, Inc, pp. 75-83
  - 39- Jones B.J.R. 1998. Field sampling procedures for conducting plant analysis, In: Y. P. Kalra (eds.), Handbook of Methods for Plant Analysis, Soil and Plant Analysis Council, Inc, pp. 25-35.
  - 40- Jones, R.H., Sharitz, R.R. and McLeod K.W. 1989. Effects of flooding and root competition on growth of shaded bottomland hardwood seedlings, American Midland Naturalist, 121(1):165-175.
  - 41- Kabre A. Garbaye J. and Tacon F. 1982. Influence de la mycorhization et de la fertilisation sur le comportement de jeunes plants d'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus Link.*), European Journal of Forest Pathology, 12(2):97-103.
  - 42- Kaya Y., Akcura M. and Taner S. 2006. GGE-Biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat, Turk J. Agric. For, 30:325-337.
  - 43- Lemoine D., Peltier J.P. and Marigo G. 2001 Comparative studies of the water relations and the hydraulic characteristics in *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus* and *A. opalus* trees under soil water contrasted conditions, Annals of Forest Science, 58:723-731.
  - 44- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London, pp. 889.
  - 45- Merino A. 2008. Growth and nutrition of young European ash (*Fraxinus excelsior L.*) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus L.*) on sites with different nutrient and water statuses, European Journal of Forest Research, 127(6):465-479.
  - 46- Miegroet H.V., Norby R.J. and Tschaplinski T.J. 1994. Nitrogen fertilization strategies in a short-rotation sycamore plantation, Forest Ecology and Management, 64(1):13-24.
  - 47- 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, Inc, pp. 57-61.
  - 48- Morecroft M.D., Stokes V.J., Taylor M.E. and Morison J.I.L. 2008. Effects of climate and management history on the distribution and growth of sycamore (*Acer pseudoplatanus L.*) in southern British woodland in comparison to native competitors, Forestry, 81(1):59-74.
  - 49- Murphy J. and Riley H.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, Anal Chim Acta, 27:31-36.
  - 50- Myers Charles C. and Buchman R.G. 1984. Manager's handbook for elm-ash-cottonwood in the North Central States. Gen. Tech. Rep. NC-98. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, pp. 11.
  - 51- Nesom G. 2003. Plant guide; American Sycamore "*Platanus occidentalis L.*" USDA NRCS National Plant Data Center and the Biota of North America Program.
  - 52- Nix S. 2010. How to manage and ID American Sycamore, (<http://forestry.about.com/od/silviculture/p/sycamore.htm>).
  - 53- Romheld V. and Nikolich M. 2007. Iron.. In: A.V. Barker and D.J. Pilbeam. Handbook of plant nutrition. Taylor and Francis Group, LLC, CRC Press, pp. 329-350.
  - 54- Santini A., Fagnani A., Ferrini F. and Mitter Pergher L. 2002. "San Zanobi" and "Plinio" Elm Trees, Hortscience, 37(7):1139-1141.
  - 55- Sharpe D.M., Cromack K.Jr., Johnson W.C. and Ausmus B.S. 1980. A regional approach to litter dynamics in Southern Appalachian forests, Canadian Journal of Forest Research, 10:395-404.
  - 56- Snowbell K. and Robson A.D. 1991. Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: a guide for field identifications. Mexico, D. F: CIMYT, pp. 76.
  - 57- Stipes R.J. and Campana R.J. 1981. Compendium of elm disease. APS. Press, pp. 96.
  - 58- Tissier J., Lambs L., Peltier J.P. and Marigo G. 2004 Relationships between hydraulic traits and habitat preference for six *Acer* species occurring in the French Alps, Annals of Forest Science, 61:81-86.
  - 59- Tschaplinski T.J., Norby R.J. and Todd D.E. 1991. Biomass and Soil Nitrogen Relationships of a One-Year-Old Sycamore Plantation, Soil Sci Soc Am J, 55:841-847.

- 60- Walsh B. and Lynch M. 2010. Evolution and selection of quantitative traits. CRC Press LLC, New York Washington, D.C, pp. 570.
- 61- Wells O.O. and Schmidting R.C. 1990. *Platanus occidentalis*, IN R.M. Burns and B.H. Honkala. Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods. USDA Forest Service Agric. Handbook 654, Washington, D.C, pp. 511-517
- 62- Wood B.W., Wittwer R.T.F. and Carpenter S.B. 1977. Nutrient element accumulation and distribution in an intensively cultured American sycamore plantation, *Plant and Soil*, 48(2):417-433.
- 63- Yan W. and Kang M.S. 2003. GGE Biplot analysis a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, New York Washington, D.C, pp. 631.
- 64- Yan W.K., Hunt L.A., Sheng Q.L. and Szlavnic Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot, *Crop Science*, 40:597-605.
- 65- Zamora S. and Fernandez E. 2000. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solutions, *Scientia Horticulture*, 84:163-177.