

بررسی زنده‌مانی و رشد درختان کاج و چنار منتقل شده بر اساس کاربرد هورمون IBA، سن درخت، زمان و نحوه انتقال

نعمت الله اعتمادی^{۱*}، رضوان محمدی نژاد^۲، نجمه زمانی^۳ و محمد مهدی مجیدی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷)

چکیده

از جمله مشکلات اساسی انتقال درختان در فضای سبز، میزان بالای تلفات و سرعت استقرار پائین درختان به‌ویژه در سال اول انتقال می‌باشد. پژوهش حاضر به‌منظور دستیابی به مناسب‌ترین شرایط استقرار درختان کاج تهران و چنار منتقل‌شده در فضای سبز اصفهان، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و سه تیمار شامل نحوه انتقال (ریشه لخت و ریشه توپی)، سن (جوان و بالغ) و هورمون IBA (صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) انجام شد. درختان مورد نظر طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در سه بازه زمانی فصل خواب، اوائل و اواخر فصل رشد انتقال یافتند. درصد زنده‌مانی و شاخص سرعت رشد نسبی بر مبنای ارتفاع (RGR_H) و قطر تنه (RGR_D) درختان در سال‌های اول و دوم پس از انتقال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد انتقال درختان در اوائل فصل رشد از موفقیت بیشتری در مقایسه با دو بازه‌ی زمانی دیگر برخوردار است. در سال اول، درصد زنده‌مانی درختان منتقل شده به روش ریشه‌توپی و در سن جوان، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با درختان بالغ و ریشه لخت افزایش یافت. تأثیر معنی‌دار تیمار سن در سال دوم نیز مشاهده گردید. در هیچ‌یک از دو گونه مورد بررسی، درصد زنده‌مانی تحت تأثیر هورمون IBA افزایش نیافت. نتایج هم‌چنین مؤید تأثیر معنی‌دار انتقال به روش ریشه‌توپی و در سن جوان در افزایش RGR_D و RGR_H درختان کاج طی اولین سال پس از انتقال بود. باتوجه به نتایج این تحقیق می‌توان ضمن توصیه انتقال درختان کاج و چنار در اوائل فصل رشد، جابه‌جایی به روش ریشه‌توپی و در سن جوان را به‌منظور افزایش زنده‌مانی و استقرار این درختان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: چنار، زمان انتقال، سرعت رشد نسبی، کاج تهران، جابه‌جایی

۱. دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. دانشجوی سابق کارشناسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴. دانشیار گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

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

مقدمه

فضای سبز به عنوان یکی از مهم ترین شاخص های توسعه یافتگی جوامع شهری کارکردهای متنوعی در ابعاد مختلف زندگی شهرنشینی دارد. تلطیف هوا، سایه اندازی و کاهش درجه حرارت (۱ و ۱۹)، کاهش آلودگی صوتی (۱۹)، کاهش فرسایش آبی و خاکی (۶)، ایجاد حصار و حریم فیزیکی (۳۲)، بسترسازی برای حفاظت از تنوع زیستی شهری (۲۸)، توسعه صنعت گردشگری و ایجاد منظرهای زیبا (۹) از جمله کارکردهای فضای سبز شهری است.

در این میان درختان و درختچه ها بیش از سایر انواع پوشش های گیاهی بر محیط زیست تأثیرگذار هستند و افزایش تنوع آن ها می تواند اکوسیستم پایدارتری در فضای سبز ایجاد نماید. از این رو لزوم توسعه طرح های درختکاری و هم چنین نگهداری و حراست از درختان موجود در جوامع شهری ضرورتی بیش از پیش یافته است. متأسفانه در سال های اخیر گسترش روز افزون فعالیت های صنعتی و عمرانی در شهرهای بزرگ از جمله اصفهان موجب قطع و خشک شدن هزاران اصله درخت از فضای سبز شهری شده است. انتقال درختان موجود در مسیر طرح های توسعه عمرانی به نقاط دیگر، مناسب ترین راهکار به منظور کاهش نیاز به قطع این درختان محسوب می گردد. اگرچه جابه جایی و کاشت مجدد درختان و درختچه ها از زمان های پیشین مرسوم بوده است، با این حال یکی از موانع پیش رو در این زمینه مرگ و میر ۳۰ تا ۷۰ درصدی درختان در طی اولین سال جابه جایی می باشد (۱۴). یکی از دلایل اصلی این میزان تلفات عدم توانایی درختان در تحمل تنش ناشی از انتقال است.

براساس تعریف استرو و همکاران (۳۱) تنش انتقال به شرایط بحرانی موقتی اطلاق می گردد که در اثر زخم ها و جراحات وارد شده به درخت در حین عملیات انتقال ایجاد می شود. حذف بخش های قابل توجهی از سیستم ریشه ای درخت جابه جا شده باعث برهم خوردن تعادل بین قسمت های هوایی و زیرزمینی درخت و بروز تنش آبی می شود (۱۷ و ۳۰).

هم چنین، از بین رفتن ریشه ها، سنتز و توزیع هورمون های مؤثر در رشد شاخه ها را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش شدید رشد درخت می گردد (۱۴). عوامل متعددی در کاهش تنش انتقال و در نتیجه افزایش زنده ماندی و استقرار درختان جابه جا شده مؤثر هستند. پتانسیل ذاتی و خصوصیات آناتومیک و فیزیولوژیکی هر گونه از مهم ترین عوامل تأثیرگذار در سرعت احیاء سیستم ریشه ای و استقرار درخت پس از جابه جایی محسوب می گردد (۷). تحقیقات متعدد مشخص نموده است که گونه های مختلف توانایی متفاوتی در تحمل تنش انتقال دارند. به طور مثال گونه های متعلق به جنس های بید (*Salix* sp)، صنوبر (*Populus* sp) و غان (*Betula* sp) پذیرش بالایی برای جابه جایی دارند در حالی که گونه های متعلق به جنس های راش (*Fagus* sp)، گردو (*Juglans* sp) و شاه بلوط (*Aesculus* sp) از این نظر بسیار حساس می باشند (۱۴ و ۳۴).

زمان کاشت از جمله عوامل دیگری است که تأثیر به سزایی در زنده ماندی، رشد و استقرار درختان انتقال یافته دارد. در مناطق معتدله، درختان خزان کننده عمدتاً پس از ریزش برگ ها در پائیز و پیش از باز شدن جوانه ها در فصل بهار جابه جا می شوند. جابه جایی در این دو فصل به علت شرایط رطوبتی و دمایی مناسب و همزمانی آن با مرحله مطلوب فیزیولوژیک گیاه، احتمال خشک شدن و مرگ درختان را کاهش می دهد (۸ و ۲۵). سوزنی برگان همیشه سبز معمولاً در زمان رشد فعال ریشه ها در اوائل پائیز یا اوائل بهار جابه جا می شوند (۱۵). با این وجود نوع گونه و شرایط آب و هوایی منطقه در انتخاب زمان مناسب به منظور جابه جایی درختان نقش به سزایی دارد.

از عوامل دیگری که در کاهش تنش انتقال و افزایش زنده ماندی درختان پس از کاشت مجدد مؤثر می باشند می توان به نحوه انتقال (ریشه لخت، ریشه توپی یا گلدانی) و سن درخت اشاره نمود. به طور کلی، احتمال زخمی و خشک شدن ریشه ای درختانی که به صورت ریشه لخت منتقل می شوند بیشتر بوده و در نتیجه از تنش آبی پس از انتقال بیشتر متأثر می گردند (۳، ۵ و ۱۱). جابه جایی درختان به روش ریشه توپی اگرچه پرهزینه

شهر اصفهان با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه، ۳۷ دقیقه و ۲۳/۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه، ۴۴ دقیقه و ۲۳/۹۷ ثانیه طول شرقی و ۱۵۶۶/۶ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. شهر اصفهان با بارش سالیانه ۱۲۵/۶ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه $16/3^{\circ}\text{C}$ دارای اقلیم خشک سرد بر اساس تقسیمات اقلیمی آمبرژه است (سازمان هواشناسی ایران، www.irimo.ir). دوره‌ی مرطوب در منطقه براساس منحنی آمبروتیک از اوایل آذرماه تا اوائل فروردین‌ماه بوده و بقیه سال در دوره‌ی خشکی قرار می‌گیرد (شکل ۱).

۲. روش انجام پژوهش

این تحقیق به منظور بررسی اثر تأثیر سه تیمار سن درخت (جوان و بالغ)، نحوه‌ی انتقال (ریشه لخت و ریشه توپی) و کاربرد هورمون IBA (صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر زنده‌مانی و استقرار درختان کاج و چنار پس از جابه‌جایی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عملیات جابه‌جایی درختان طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ در سه بازه زمانی مختلف شامل فصل خواب (میانگین دمای هوا کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد)، اوائل فصل رشد (میانگین دمای هوا بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) و اواخر فصل رشد (میانگین دمای هوا بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد) به شرح زیر صورت گرفت.

ابتدا با هماهنگی شهرداری و سازمان پارک‌ها و فضای سبز اصفهان درختان مورد نظر در دو سن جوان (درختانی که هنوز به مرحله فیزیولوژیک باروری وارد نشده‌اند) و بالغ (درختانی که به مرحله فیزیولوژیک باروری وارد شده‌اند) از مناطق معارض با طرح‌های عمرانی، تعریض خیابان‌ها و احداث جاده‌های جدید انتخاب و علامت‌گذاری شدند. درختان انتخاب شده به دو روش ریشه لخت و ریشه توپی به محل انجام پژوهش منتقل گردیدند. برای انتقال درختان ریشه لخت خاک اطراف ریشه‌ها به آرامی حذف گردید و برای درختان ریشه توپی، سیستم ریشه‌ای درخت (به قطر تقریبی ۱۰ برابر قطر تنه

است، اما امکان انتقال درختان با اندازه‌های مختلف و در بازه‌ی زمانی طولانی‌تر را فراهم می‌نماید. نتایج تحقیقات مختلف مشخص نموده است سیستم ریشه‌ای در درختان کوچک پس از جابه‌جایی سریع‌تر از درختان بالغ احیاء گردیده و تعادل شاخساره و ریشه سریع‌تر برقرار می‌گردد (۲۶ و ۳۱).

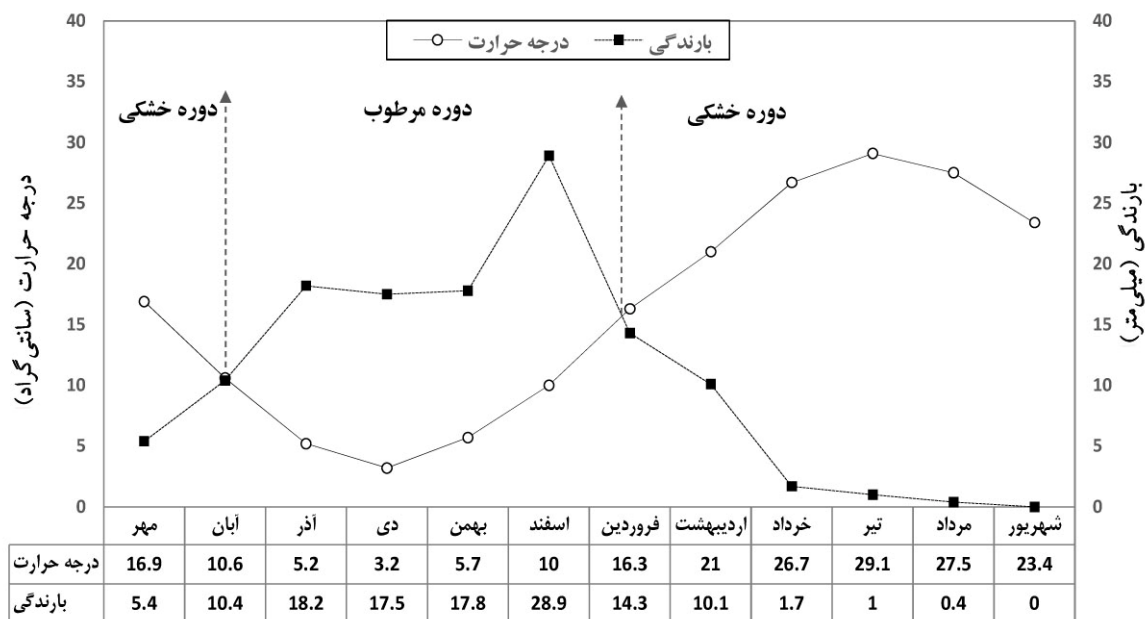
براساس مدل ارائه شده توسط واتسون (۳۳) در مناطق سردسیر، به ازاء هر اینچ از قطر تنه درخت، مدت زمان یک سال به منظور استقرار کامل درخت مورد نیاز است. این مدت زمان در مناطقی با آب و هوای گرم‌تر کاهش می‌یابد. عوامل متعدد دیگری نیز که در استقرار و زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده تأثیرگذار هستند، پیشنهاد شده‌اند. از آن بین می‌توان به کاربرد هورمون‌های مؤثر در ریشه‌زایی (۲۱، ۲۲ و ۲۳)، مکان اولیه رشد گیاه (۷)، عمق کاشت (۲، ۳ و ۴) و نسبت حجم سیستم ریشه‌ای به حجم گودال کاشت (۳۰) اشاره نمود. قابل ذکر است که اغلب یافته‌های موجود در این زمینه از بررسی نهال‌های تولید شده در خزانه حاصل شده است و تحقیقات اندکی تاکنون به منظور بررسی موفقیت جابه‌جایی درختان موجود در فضای سبز شهری انجام شده است.

جایگاه ویژه و ساختاری درختان در مدیریت پایدار شهری از یک سو و لزوم کاهش هزینه‌های قابل توجه عملیات جابه‌جایی از سوی دیگر ایجاب می‌کند روش‌های مناسب در افزایش موفقیت انتقال درختان به ویژه گونه‌های غالب در فضای سبز شهری مورد ارزیابی قرار گیرد. پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین زمان انتقال دو گونه‌ی درخت غالب در فضای سبز اصفهان شامل کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw) و چنار (*Platanus orientalis*) و همچنین بررسی اثر تیمارهای سن، نحوه‌ی انتقال و هورمون IBA بر افزایش زنده‌مانی و استقرار درختان جابه‌جا شده، انجام شد.

مواد و روش‌ها

۱. مشخصات جغرافیایی محل انجام پژوهش

پژوهش حاضر در منطقه‌ای به مساحت ۲ هکتار واقع در شرق



شکل ۱. منحنی آمبروتیک براساس آمار بارندگی و درجه حرارت ایستگاه سینوپتیک اصفهان

اساس قانون تشابه مثلث‌های تالس در بهار و پاییز هر سال اندازه‌گیری شد. شایان ذکر است رشد طولی و قطری در درختان چنار به علت تعداد ناکافی درختان زنده مانده، محاسبه نگردید.

$$\text{RGR} = \frac{\ln(p_2) - \ln(p_1)}{t_2 - t_1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

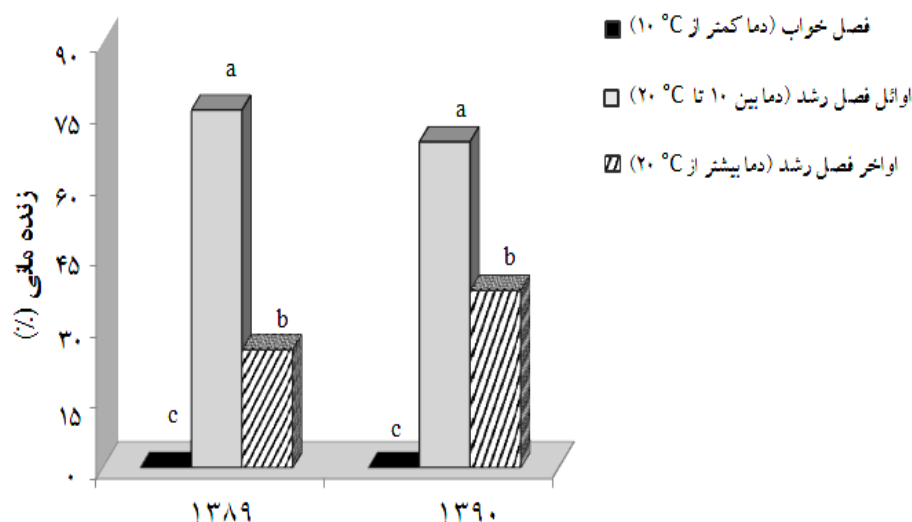
رابطه ۱. سرعت رشد نسبی (RGR): P_2 ، پارامتر مورد اندازه‌گیری در دومین زمان یادداشت برداری؛ P_1 ، پارامتر مورد اندازه‌گیری در اولین زمان یادداشت برداری؛ t_2 ، دومین زمان یادداشت برداری؛ t_1 ، اولین زمان یادداشت برداری

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به زنده‌مانی درختان با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ver. ۱۶ انجام شد. آزمون Kolmogorov-Smirnov به منظور بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد و با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها، از آزمون غیر پارامتریک استقلال X^2 (آزمون مربع کای) استفاده گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات رشد طولی و قطری درختان با استفاده از نرم افزار SAS ver. ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

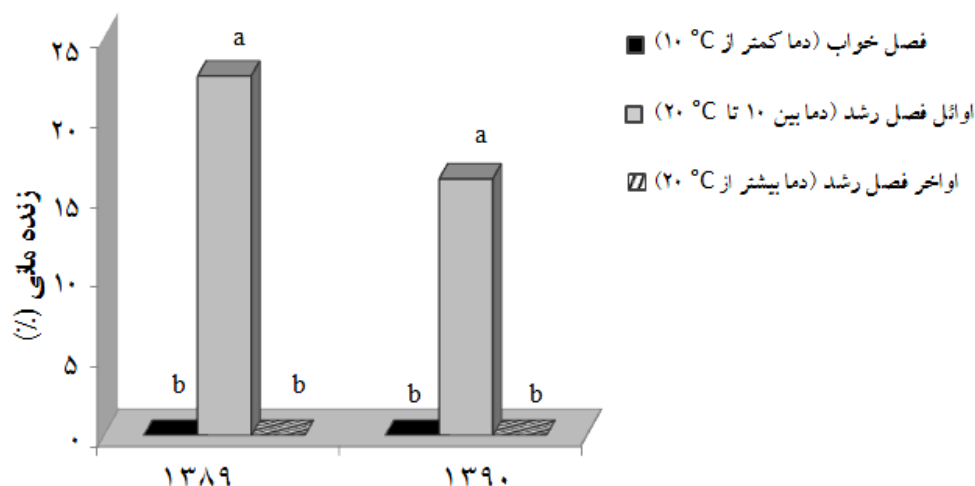
درخت) به همراه خاک اطراف آن داخل گونی‌های کنفی پوشانده و با طناب محکم گردید. پس از انتقال درختان به محل انجام پژوهش، هورمون IBA با غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر بر سطح ریشه‌های نیمی از درختان تا هنگام آغشته شدن کامل ریشه‌ها، اعمال گردید. درختان مورد نظر در گودال‌های حفر شده با فواصل ۴ × ۴ متر کشت شد و بلافاصله آبیاری شدند. در هر سال پس از انجام عملیات جابه‌جایی، مراقبت‌های پس از کشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آبیاری و هرس شاخه‌های آسیب دیده در مواقع لزوم انجام شد.

۳. اندازه‌گیری صفات و تجزیه و تحلیل داده‌ها

درصد زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده در پایان هر فصل رشد در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با محاسبه نسبت درختان زنده به کل درختان جابه‌جا شده به دست آمد. افزایش رشد طولی و قطری درختان از طریق رابطه سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate (RGR) (رابطه ۱) محاسبه شد (۲۹). بدین منظور قطر تنه درختان در ارتفاع ۱۰ سانتی متری از سطح خاک به کمک کولیس دیجیتالی و ارتفاع درختان به روش غیر مستقیم و بر



شکل ۲. تأثیر زمان انتقال بر زنده‌مانی درختان کاج در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون مربع کای (X^2) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).



شکل ۳. تأثیر زمان انتقال بر زنده‌مانی درختان چنار در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون مربع کای (X^2) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

نتایج

۱. اثر زمان انتقال بر زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده

بررسی درصد زنده‌مانی درختان کاج در سال اول پس از عملیات جابه‌جایی (سال ۱۳۸۹) نشان داد زمان انتقال تأثیر معنی‌داری در بقاء درختان جابه‌جا شده دارد. درختان جابه‌جا شده در اوائل فصل رشد (میانگین دما بین ۱۰ تا ۲۰°C) با ۷۵٪ زنده‌مانی از کمترین میزان مرگ و میر برخوردار بودند، درحالی‌که هیچ کدام از درختان جابه‌جا شده در فصل خواب

(میانگین دما کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد) توانایی تحمل تنش عملیات انتقال را نداشتند. جابه‌جایی درختان در اواخر فصل رشد (میانگین دما بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نیز با ۲۵٪ زنده‌مانی، کاهش معنی‌داری را در مقایسه با انتقال در اوائل فصل نشان داد. در سال دوم (سال ۱۳۹۰) کاهش جزئی (۴/۵٪) در میزان زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده در اوائل فصل رشد مشاهده شد درحالی‌که تداوم آبیاری و انجام مراقبت‌های پس از کاشت برای تمام درختان، منجر به احیاء ۱۲/۵٪ از درختان کاج

جدول ۱. تأثیر تیمارهای مختلف بر زنده‌مانی درختان کاج در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی

تیمار	درصد زنده‌مانی	
	سال اول (۱۳۸۹)	سال دوم (۱۳۹۰)
نحوه انتقال	ریشه لخت	۵۳/۳ ^{b*}
	ریشه توپی	۵۶/۲ ^a
	جوان	۶۶/۶ ^a
سن	بالغ	۵۲/۲ ^b
	بدون هورمون	۶۶/۶ ^a
هورمون IBA	با هورمون	۵۲/۲ ^b
	۶۰/۸ ^a	

*. در هر ستون میانگین تیمارهای مشخص شده با حروف یکسان در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

جابه‌جا شده در اواخر فصل رشد شد (شکل ۲). نتایج هم‌چنین مؤید تأثیر معنی‌دار زمان انتقال بر زنده‌مانی درختان چنار بود. در سال اول پس از جابه‌جایی ۲۲/۵۸٪ از درختان جابه‌جا شده در اوائل فصل رشد زنده ماندند و این میزان در سال دوم جابه‌جایی به ۱۶/۱۲٪ کاهش یافت. جابه‌جایی در دو بازه‌ی زمانی دیگر موفق نبود. به‌طور کلی درخت چنار توانایی پائینی در تحمل تنش ناشی از عملیات جابه‌جایی نشان داد (شکل ۳)

۲. اثر تیمارهای مختلف بر زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده

نتایج درصد زنده‌مانی درختان کاج جابه‌جا شده تحت تیمارهای مختلف در جدول (۱) آورده شده است. براساس این نتایج، نحوه‌ی انتقال تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی درختان در سال اول پس از جابه‌جایی داشت. در این سال، درختان جابه‌جا شده به روش ریشه‌توپی از ۱۵/۴٪ زنده‌مانی بیشتری در مقایسه با درختان ریشه لخت برخوردار بودند. تأثیر این تیمار در سال دوم کاهش یافت به نحوی که تفاوت معنی‌داری در زنده‌مانی درختان ریشه لخت و ریشه‌توپی مشاهده نگردید. نتایج هم‌چنین مؤید اثر معنی‌دار تیمار سن بر زنده‌مانی درختان جابه‌جا شده می‌باشد. درصد زنده‌مانی درختان جوان در طی سال‌های اول ۲۲/۸۳٪ بیشتر از درختان بالغ بود. در سال دوم

علی‌رغم کاهش این میزان به ۱۴/۴۹٪، هم‌چنان تفاوت مشاهده شده در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. تیمار درختان با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هورمون IBA، تأثیر مثبتی در افزایش درصد زنده‌مانی درختان کاج نداشت و حتی در سال دوم پس از عملیات جابه‌جایی، درصد زنده‌مانی درختان تیمار شده با هورمون کاهش معنی‌داری را در مقایسه با درختان تیمار نشده نشان داد. ارزیابی تأثیر تیمارهای مختلف بر زنده‌مانی درختان چنار طی سال‌های اول و دوم پس از جابه‌جایی نشان داد درختان متقل شده به روش ریشه‌توپی از زنده‌مانی بیشتری در مقایسه با درختان ریشه لخت برخوردار بودند، به‌طوری‌که هیچ یک از درختان جابه‌جا شده به روش ریشه لخت قادر به تحمل تنش انتقال نبودند. هم‌چنین میزان زنده‌مانی درختان جوان به طور معنی‌داری بیش از درختان بالغ بود. تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هورمون IBA تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی درختان چنار جابه‌جا شده نداشت (جدول ۲).

۳. اثر تیمارهای مختلف بر رشد طولی و قطری درختان جابه‌جا شده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اولین سال پس از جابه‌جایی نشان داد تیمار سن درخت و نحوه انتقال تأثیر

جدول ۲. تأثیر تیمارهای مختلف بر زنده‌مانی درختان چنار در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی

درصد زنده‌مانی		تیمار
سال اول (۱۳۸۹)	سال دوم (۱۳۹۰)	
^a	^b	ریشه لخت
۲۱/۹ ^{a*}	۱۵/۶ ^a	نحوه انتقال
		ریشه توپی
۲۹/۲ ^a	۲۰/۸ ^a	جوان
^b	^b	سن
۱۶/۷ ^a	۱۲/۵ ^a	بدون هورمون
۱۲/۵ ^a	۸/۳ ^a	هورمون IBA
		با هورمون

*: در هر ستون میانگین تیمارهای مشخص شده با حروف یکسان در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشند.

چنار پس از جابه‌جایی دارد. بیشترین درصد زنده‌مانی در درختان کاج جابه‌جا شده در اوایل فصل رشد (میانگین دما بین ۱۰ تا ۲۰°C) مشاهده شد. نتایج تحقیقات پیشین نیز حاکی از آن است که بهترین زمان انتقال سوزنی برگان همیشه سبز، به هنگام رشد فعال ریشه‌ها و در دمای ۱۵ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۵). با افزایش دمای هوا در هنگام جابه‌جایی، کاهش معنی‌داری در زنده‌مانی درختان کاج مشاهده شد. از سوی دیگر هیچ یک از درختان جابه‌جا شده در فصل خواب (میانگین دما کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد) نیز قادر به ادامه رشد نبودند، زیرا با کاهش دما رشد ریشه‌ها به شدت کاهش یافته و جذب آب متوقف می‌شود. درحالی‌که تبخیر از سطح برگ‌های سبز ادامه می‌یابد که این امر نهایتاً منجر به مرگ درخت می‌گردد (۲۷).

جابه‌جایی درختان چنار نیز در اوایل فصل رشد (میانگین دما بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) از موفقیت بیشتری در مقایسه با دو بازه‌ی دمایی دیگر برخوردار بود. آنلا و همکاران (۲) نیز گزارش نمودند جابه‌جایی بهاره رشد و زنده‌مانی درختان چنار را در مقایسه با جابه‌جایی در فصل خواب افزایش می‌بخشد. ذکر این نکته ضروری است که به‌طور کلی جابه‌جایی درختان چنار تحت شرایط پژوهش حاضر

معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی بر مبنای ارتفاع (RGR_H) و قطر (RGR_D) درختان کاج دارد (جدول ۳). در درختان جابه‌جا شده به روش ریشه‌توپی، افزایش ارتفاع از سرعت ۳ برابری و افزایش قطر تنه از سرعت ۲ برابری در مقایسه با درختان ریشه لخت برخوردار بود. به‌طور مشابه میزان RGR_H و RGR_D درختان جابه‌جا شده در سن جوان نیز به‌ترتیب ۳ و ۲ برابر درختان بالغ بود.

به‌طور کلی تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم برلیتر IBA رشد طولی و قطری درختان جابه‌جا شده را کاهش داد که این کاهش برای شاخص RGR_D در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. در سال دوم تأثیر تیمارهای سن و نحوه انتقال بر سرعت رشد طولی و قطری درختان کاج کاهش یافت به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری در میزان RGR_H و RGR_D درختان منتقل شده بر اساس این دو تیمار مشاهده نگردید (جدول ۴).

بحث

زنده‌مانی

برآورد درصد زنده‌مانی در بازه‌های زمانی مختلف مشخص نمود زمان انتقال تأثیر معنی‌داری بر میزان بقاء درختان کاج و

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر میزان RGR_H و RGR_D درختان کاج در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی

میانگین مربعات		درجه‌ی آزادی	منابع تغییرات	
RGR_D	RGR_H			
۰/۱۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۳	بلوک	۱۳۸۹
۰/۰۵۰*	۰/۰۱۷*	۱	نحوه‌ی انتقال	
۰/۱۷۷*	۰/۰۳۸**	۱	سن درخت	
۰/۱۸۶*	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱	هورمون IBA	
۰/۰۸۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۳	بلوک	۱۳۹۰
۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱	نحوه‌ی انتقال	
۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۴۰ ^{ns}	۱	سن درخت	
۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{ns}	۱	هورمون IBA	

ns و *، ** : به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطوح احتمال ۰/۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۴. تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان RGR_H و RGR_D درختان کاج در سال‌های اول (۱۳۸۹) و دوم (۱۳۹۰) پس از جابه‌جایی

RGR_D		RGR_H		تیمار
۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۸۹	
۰/۱۰ ^a	۰/۲۰ ^a	۰/۰۹ ^a	۰/۰۳ ^{a*}	جوان
۰/۰۶ ^a	۰/۱۰ ^b	۰/۰۵ ^a	۰/۰۱ ^b	بالغ
۰/۰۷ ^a	۰/۲۰ ^a	۰/۰۷ ^a	۰/۰۳ ^a	ریشه‌توبی
۰/۱۰ ^a	۰/۱۰ ^b	۰/۰۷ ^a	۰/۰۱ ^b	ریشه‌لخت
۰/۰۹ ^a	۰/۲۷ ^a	۰/۰۸ ^a	۰/۰۲ ^a	بدون هورمون
۰/۰۷ ^a	۰/۱۰ ^b	۰/۰۵ ^a	۰/۰۲ ^a	هورمون IBA

* : در هر ستون میانگین تیمارهای مشخص شده با حروف یکسان در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشند.

نفوذ می‌کند به‌طوری‌که در درختان بالغ عمق نفوذ ریشه به چهار متر نیز می‌رسد (۳۵). با توجه به این‌که در این تحقیق سیستم ریشه‌ای درختان تا عمق حداکثر یک متر از خاک جدا

چندان رضایت بخش نبود. مورفولوژی ویژه و نحوه‌ی رشد ریشه‌های درختان چنار می‌تواند یکی از دلایل این عدم موفقیت محسوب گردد. ریشه‌ی اصلی چنار با رشد عمودی در خاک

مشاهده نگردید (۵).

براساس نتایج پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری در میزان زنده‌مانی درختان کاج و چنار ریشه لخت و ریشه‌تویی در سال دوم جابه‌جایی مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد با گذشت زمان و افزایش سازگاری درختان با شرایط و محل کشت جدید، تأثیر این تیمار نیز به تدریج کاهش می‌یابد. باکستراپ و باساک (۵) نیز نشان دادند با گذشت زمان تفاوت مشاهده شده در رشد و استقرار درختان جابه‌جا شده به روش ریشه لخت و ریشه‌تویی کاهش یافت. درصد زنده‌مانی هیچ یک از دو گونه مورد بررسی در این تحقیق تحت تأثیر تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر هورمون IBA قرار نگرفت. اگرچه در برخی موارد کاربرد اکسین‌ها از جمله IBA و IAA موجب تسریع باززایی سیستم ریشه‌ای و استقرار درختان حساس به جابه‌جایی گردیده است، اما نتایج تحقیقات متعددی بیانگر آن است که نوع گیاه، غلظت و زمان کاربرد تنظیم‌کننده‌ی رشد در این زمینه مؤثر است (۲۰). در پژوهش صورت گرفته توسط پرسپوال و گریستن (۲۱) مشخص گردید اعمال تیمار IBA و IAA به صورت منفرد یا در ترکیب با هم، در افزایش زنده‌مانی و رشد ریشه‌های درختان نمدار اروپایی (*Tilia × europe*)، تیس (*Sorbus aucuparia*) و توسکای قرمز (*Alnus rubra*) پس از جابه‌جایی مؤثر بود اما تأثیر معنی‌داری بر روی درختان بلوط انگلیسی (*Quercus robur*) نداشت. پراگر و لومیس (۲۴) نیز نشان دادند رشد ریشه‌ها و استقرار درختان بلوط قرمز و افرای نقره‌ای (*Acer saccharum*) با کاربرد هورمون IBA افزایش یافت درحالی‌که در درختان غان (*Betula pendula*)، زبان گنجشک سبز (*Fraxinus pennsylvanica*) و نمدار برگ‌ریز (*Tilia cordat*) تفاوت معنی‌داری در مقایسه با شاهد مشاهده نشد. به‌طور مشابه در آزمایش پرسپوال و بارنز (۲۲) نیز کاربرد هورمون IBA موجب افزایش زنده‌مانی درختان راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) شد اما بر درختان غان بی‌تأثیر بود. گیلمن و پارتین (۱۳) نیز تأثیر اندک محرک‌های ریشه‌زایی در افزایش استقرار درختان منتقل شده را گزارش نمودند.

گردید، این امکان وجود دارد که خسارات وارد شده به سیستم ریشه‌ای عامل نرخ بالای مرگ و میر در بین درختان جابه‌جا شده باشد. بررسی اثر تیمار سن در زنده‌مانی درختان کاج و چنار نشان داد جابه‌جایی درختان در سن جوان تأثیر معنی‌داری در افزایش درصد زنده‌مانی در سال‌های اول و دوم پس از جابه‌جایی دارد. لادردال و همکاران (۱۸) گزارش نمودند در درختان جوان به علت حجم کمتر ریشه‌های قطور و چوبی شده، سیستم ریشه‌ای سریع‌تر احیاء گردیده و تعادل شاخساره به ریشه سریع‌تر برقرار می‌شود. گیلمن (۱۰) گزارش نمود درختان جوان بلوط ویرجینیانا (*Quercus virginiana*) پس از جابه‌جایی از رشد و استقرار بیشتری در مقایسه با درختان بالغ برخوردار بودند. به‌طور مشابه استرو (۳۱) نیز نشان داد درختان جوان بلوط قرمز (*Quercus rubra*) در طی اولین و دومین سال پس از جابه‌جایی از زنده‌مانی ۱۰۰٪ برخوردار بودند، درحالی‌که در درختان بالغ این میزان به ۴۲٪ در سال دوم کاهش یافت.

جابه‌جایی به روش ریشه‌تویی در مقایسه با روش ریشه لخت موجب افزایش زنده‌مانی و بقاء درختان کاج و چنار در سال اول پس از انتقال شد. پیرون و همکاران (۲۳) بیان داشتند نرخ مرگ و میر در جابه‌جایی درختان به روش ریشه لخت به‌ویژه در فصل بهار به علت آسیب بیشتر به ریشه‌ها و احتمال خشک شدن آن‌ها در حین حمل و نقل، بیشتر از درختان ریشه‌تویی می‌باشد. قابل ذکر است که نوع گونه‌ی گیاهی، فصل انتقال و عوامل دیگر می‌توانند در این زمینه تأثیرگذار باشد (۱۱) و (۱۲). نتایج تحقیقات صورت گرفته بر روی اوستریا (*Ostrya virginiana*)، داغداغان (*Celtis occidentalis*) و بلوط سفید مرداب (*Quercus bicolor*) نیز نشان داد درختان اوستریا جابه‌جا شده به روش ریشه‌تویی در سال دوم پس از جابه‌جایی از ۱۰۰٪ زنده‌مانی برخوردار بودند، درحالی‌که این میزان در درختان ریشه لخت به ۵۰٪ کاهش یافت. در درختان داغداغان نیز جابه‌جایی به روش ریشه لخت با ۱۰٪ مرگ و میر در سال دوم جابه‌جایی همراه بود. اما در درختان بلوط، تفاوت معنی‌داری در زنده‌مانی درختان ریشه لخت و ریشه‌تویی

رشد طولی و قطری

جابه‌جایی به روش ریشه‌تویی سرعت رشد نسبی بر مبنای ارتفاع (RGR_H) و قطر تنه (RGR_D) درختان کاج را افزایش بخشید. نتایج تحقیقات پیشین نیز حاکی از تأثیر مثبت جابه‌جایی به روش ریشه‌تویی در افزایش پارامترهای رشدی درختان مختلف می‌باشد. در پژوهش انجام شده توسط راس (۲۶) نیز گزارش شد درختان چنار لندنی (*Platanus × acerifolia*) جابه‌جا شده به صورت ریشه‌تویی در مقایسه با درختان ریشه لخت هم‌اندازه‌ی خود، سرعت رشد نسبی بیشتری بر مبنای قطر تنه داشتند. در مطالعه‌ای که بر روی تعدادی از درختان خیابانی انجام شد نیز تمام پارامترهای رشدی از جمله قطر تنه و حجم تاج پوشش درختان ریشه‌تویی در مقایسه با درختان ریشه لخت بیشتر بود (۱۶).

درختان جوان نیز در مقایسه با درختان بالغ از RGR_H و RGR_D بیشتری برخوردار بودند. این مشاهده بیانگر این مطلب است که درختان جوان در طی عملیات جابه‌جایی با تنش کمتری مواجه می‌شوند. لادردال و همکاران (۱۸) نیز نشان دادند ارتفاع و قطر تنه درختان افرای قرمز (*Acer rubrum*) جوان پس از جابه‌جایی بیشتر از درختان بالغ بود که علت آن سرعت تعرق و فتوسنتز بیشتر درختان جوان و در نتیجه ظرفیت بیشتر آن‌ها به منظور سنتز کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای رشد ذکر گردید.

به‌طور کلی درختان تیمار شده با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هورمون IBA، از RGR_H و RGR_D کمتری در مقایسه با

درختان تیمار نشده برخوردار بودند. دیویس و همکاران (۸) نیز گزارش کردند شاخص‌های رشد در درختان راش اروپایی تحت تأثیر هورمون IBA افزایش می‌یابد اما در درختان بلوط تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. نوع و غلظت هورمون نیز در میزان تأثیر کاربرد هورمون نقش دارد. در تحقیق دیگر انجام شده بر روی درختان غان و راش اروپایی کاربرد غلظت بالای هورمون‌های IBA و NAA شاخص‌های مختلف رشدی شامل ارتفاع، قطر تنه، طول ریشه، وزن خشک برگ، ریشه و ساقه و میزان کلروفیل را کاهش داد درحالی‌که با اعمال غلظت‌های پائین‌تر این دو هورمون تمام فاکتورهای رشدی افزایش یافت (۲۲).

به‌طور کلی براساس نتایج پژوهش حاضر مشخص گردید زمان انتقال یک عامل محدود کننده در جابه‌جایی درختان کاج و چنار در شرایط آب و هوایی اصفهان می‌باشد. هم‌چنین جابه‌جایی این درختان به روش ریشه‌تویی و در سن جوان نقش مؤثری در کاهش اثرات تنش انتقال و افزایش زنده‌مانی و استقرار درختان جابه‌جا شده دارد.

سیاسگزاری

این پژوهش با حمایت و همکاری سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان انجام یافته است، که بدین‌وسیله قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Akbari, H., S. Davis and S. Dorsano. 1992. Cooling our Communities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing. United State Environmental Protection Agency. Washington, DC.
2. Anella, L., T. C. Hennessey and E. M. Lorenzi. 2008. Growth of balled-and-burlapped versus bare-root trees in Oklahoma, U.S. *Arboriculture and Urban Forestry* 34:200-203.
3. Arnold, M. A., G. V. McDonald and D. L. Bryan. 2005. Planting depth and mulch thickness affect establishment of green ash (*Fraxinus pennsylvanica*) and bougainvillea golden raintree (*Koelreuteria bipinnata*). *Journal of Arboriculture* 31: 163-167.
4. Bryan, D. L., M. A. Arnold, A. Volder, W. T. Watson, L. Lombardini, J. J. Sloan, L. A. Valdez-Aguilar and A. D. Cartmill. 2010. Planting depth during container production and landscape establishment affects growth of *Ulmus parvifolia*. *HortScience* 45: 54-60.

5. Buckstrup, M. J. and N. L. Bassuk. 2000. Transplanting success of balled and burlapped versus bare-root trees in the urban landscape. *Arboriculture and Urban Forestry* 26:298-308.
6. Colding, J. 2007. Ecological Land-Use complementation for building resilience in urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 81: 46-55.
7. Dana, M. N. and R. Lerner. 2002. Planting and transplanting landscape trees and shrubs. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. Available online at: [http:// www. Hort. Purdue.edu/HO-100.html](http://www.Hort.Purdue.edu/HO-100.html). Accepted July 2002.
8. Davies, M. J., N. A. Higgs and M. G. Kingswell. 2002. The effects of indole-3-butyric acid root dips on the root development and shoot growth of transplanted *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 77:209-216.
9. Fung, T. and F. K. Wong. 2003. Ecotourism planning using multiple criteria evaluation with GIS. *Goecarto International* 22: 87-105.
10. Gilman, E. F. 1988. Tree root spread in relation to branch dripline and harvestable root ball. *HortScience* 23: 351-353.
11. Gilman, E. F. and C. J. Beeson. 1996. Nursery production method affects root growth. *Environmental Horticulture* 14: 88-91.
12. Gilman, E. F. and F. J. Masters. 2010. Effect of tree size, root pruning, and production method on root growth and lateral stability of *Quercus virginiana*. *Arboriculture and Urban Forestry* 36: 281-291.
13. Gilman, E. F. and T. Partin. 2007. Planting and establishing trees. University of Florida Cooperative Extension Service, Florida, U.S. Available online at: [http:// treesandhurricanes.ifas.ufl.edu](http://treesandhurricanes.ifas.ufl.edu). Accepted September 2007.
14. Hiron, A. D. and G. C. Percival. 2011. Fundamentals of tree establishment: a review. Trees, People and the Built Environment. In: ICF Urban Trees Research Conference. Birmingham, UK. 13-14 April. pp. 51-62.
15. Iles, J. 2001. Community trees: when to plant? University of Iowa Cooperative extension service, Iowa, U.S. Available online at: <http://extension.iastate.edu>. Accepted February 2001.
16. Jack-Scott, E. 2011. Survival and growth factors affecting community-planted urban street trees. *Cities and the Environment* 4: 1-14.
17. Kozlowski, T. T. and W. J. Davies. 1975. Control of water balance in transplanted trees. *Arboriculture and Urban Forestry* 1:1-10.
18. Lauderdale, D. M., C. H. Gilliam, D. J. Eakes, G. J. Keever and A. H. Chappelka. 1995. Tree transplant size influences post-transplant growth, gas exchange, and leaf water potential of 'October Glory' red maple. *Environmental Horticulture* 13: 178-181.
19. Nowak, D. J. C. 1992. Urban forest structure and the functions of hydrocarbon emissions and carbon storage. In: Proceedings of the fifth National Urban Forestry Conference; Los Angeles, CA. Washington, DC. American Forestry Association. pp. 48-51.
20. Percival, G. C. 2007. Transplanting shock, getting to the root of the problem: planting considerations. Essential ARB. Issue 23. September Edition. pp. 1-18.
21. Percival, G. C. and J. Gerritsen. 1998. The influence of plant growth regulators on root and shoot growth of containerized trees following root removal. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73:353-359.
22. Percival, G. C. and S. Barnes. 2004. Auxins and water-retaining polymer root dips affect survival and growth of newly transplanted bare-rooted european beech and silver birch. *Environmental Horticulture* 22:183-188.
23. Pirone, P. P., J. R. Hartman, M. A. Sall and T. P. Pirone. 1988. Tree Maintenance. Oxford University Press, New York, NY.
24. Prager, C. M. and G. P. Lumis. 1983. IBA and some IBA-synergist increases of root regeneration of landscape-size and seedling trees. *Arboricultural Journal* 9: 117-123.
25. Richardson-Calfee L. E. and J. R. Harris. 2005. A review of the effects of transplant timing on landscape establishment of field-grown deciduous trees in temperate climate. *HortTechnology* 15: 132-135.
26. Ross, M. 2008. The influence of initial stock size on tree growth and canopy development and physiology in the urban environment. MSc.Thesis. Michigan State University. Michigan, U. S.
27. Running, S. W. and C. P. Reid. 1980. Soil temperature influences on root resistance of *Pinus contorta* seedlings. *Plant Physiology* 65:635-640.
28. Sandstorm, U. G., P. Angelstam, and G. Mikusinski. 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77:34-53.
29. South, D. B. 1995. Relative Growth Rates: A Critique. *South African Forestry Journal* 173:43-48.
30. Struve, D. K. 2009. Tree Establishment: A review of some of the factors affecting transplant survival and establishment. *Arboriculture and Urban Forestry* 35:10-13.
31. Sturve, D. K., L. Burchfield and C. Maupin. 2000. Survival and growth of transplanted large and small caliper red oaks. *Arboricultural Journal* 26: 162-169.

32. Tang, B., S. Wong, and A. K. Lee. 2007. Green belt in a compact city: A zone for conservation or transition? *Landscape and Urban Planning* 79: 358-373.
33. Watson, G. W. 1985. Tree size affects root regeneration and top growth after treansplanting. *Arboriculture and Urban Forestry* 11: 37-40.
34. Watson, G.W. and E. B. Himelick. 1997. Principles and Practices of Planting Trees and Shrubs. International Society of Arboriculture Champaign. Savoy, IL.
35. Yazdan Panah, A. 1996. Effect of different treatments on iron chlorosis of plane trees in Isfahan. MSc.Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.