

بررسی برخی تغییرات عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شاخساره و خاک نهال‌های گلدانی بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Meyer) تحت شرایط غرقابی

قاسم‌علی پاراد^۱، مسعود طبری کوچک‌سرای^{۲*} و سید احسان ساداتی^۳

^۱ کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ استادیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مازندران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۲)

چکیده

هدف این پژوهش بررسی برخی تغییرات عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شاخساره و خاک نهال‌های گلدانی بلندمازو رشدیافته در شرایط غرقابی است. بدین منظور نهال‌های گلدانی در طرحی کاملاً تصادفی در رژیم‌های غرقابی دائم و دوره‌ای و تیمار شاهد به مدت ۱۲۰ روز بررسی شدند. نتایج نشان داد که غرقابی سبب کاهش درصد کربن آلی، نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب خاک شد، طوری که در تیمار غرقابی دائم نسبت به شاهد غلظت پتاسیم قابل جذب ۴۹ درصد کاهش و غلظت آهن و منگنز در دسترس خاک به ترتیب ۴۲ و ۵۱ درصد افزایش یافت. در رژیم‌های غرقابی تجمع عناصر غذایی در برگ نهال‌ها کاهش یافت و این کاهش برای نیتروژن، کلسیم و منیزیم در محیط غرقابی دائم بیشتر از محیط غرقابی دوره‌ای بود. غلظت روی در محیط غرقابی دائم کاهش یافت. در هر دو رژیم غرقابی دائم و دوره‌ای، در مقایسه با تیمار شاهد غلظت منگنز در برگ نهال‌ها حدود ۲/۵ برابر و غلظت آهن به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ برابر شد. بین اغلب عناصر خاک و برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در مجموع، عناصر پرمصرف در شاخساره و خاک نهال‌های غرقابی کاهش پیدا کرد اما عناصر کم‌مصرف افزایش یافت. نظر به اینکه برخی عناصر پرمصرف در خاک و برگ نهال‌های رشدیافته در محیط غرقابی دوره‌ای بیشتر از محیط غرقابی دائم بوده است این انتظار وجود دارد که وضعیت رویش نهال بلندمازو در محیط غرقابی دوره‌ای مطلوب‌تر از محیط غرقابی دائم شود.

واژه‌های کلیدی: بلندمازو، تجمع عناصر غذایی، عناصر کم‌مصرف، غرقابی دائم، غرقابی دوره‌ای.

مقدمه و هدف

در طبیعت، گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مختلفی مانند خشکی، شوری (Bohnert *et al.*, 1995) و غرقابی قرار دارند که رشد آنها را محدود می‌کند (Wilkinson, 2000). بی‌تردید شناخت جنبه‌های مختلف عوامل تنش‌زای محیطی بر رشد و نمو، فرایندهای فیزیولوژیکی و بازتاب آنها در روند حیاتی گیاهان ضروری است. شرایط غرقابی و ماندابی، از اصلی‌ترین عوامل تعیین‌پراکنش گونه‌ها در مناطق جنگلی هستند (Visser *et al.*, 2003; Higa *et al.*, 2011).

در محیط غرقابی، مقدار اکسیژن خاک با پر شدن فضاهای خاک از آب کاهش می‌یابد و تنها در قسمت‌های بالایی سطح خاک که در تماس با اتمسفر قرار دارند مقدار کمی اکسیژن وجود دارد. در این شرایط، جانداران هوازی جای خود را به میکروب‌ها و باکتری‌های بی‌هوازی اولیه می‌دهند که موجب نیترات‌زدایی و افزایش تجمع دی‌اکسیدکربن در خاک می‌شوند (Kozłowski, 1997). در این شرایط جذب عناصر پرمصرف اصلی خاک (نیتروژن و پتاسیم)، به‌ویژه در گیاهان غیرمقاوم به غرقاب کاهش می‌یابد. نیترات خاک در اثر نیترات‌زدایی تخلیه می‌شود و جذب آن توسط ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Kozłowski, 1997). در مقابل، جذب آهن و منگنز اغلب افزایش می‌یابد، زیرا در این وضعیت Fe^{+++} و Mn^{+++} به ترتیب به Fe^{++} و Mn^{++} تبدیل می‌شوند که به‌مراتب از حلالیت بیشتری برخوردارند (Kozłowski, 1997). این تغییرات در نهایت موجب افزایش یون‌های این عناصر می‌شود که برای بسیاری از گیاهان زیانبار است (Crawford, 1989).

در واقع، شرایط غرقابی و به‌تبع آن کمبود اکسیژن اطراف محیط ریشه (شرایط بی‌هوازی) سبب آسیب‌دیدگی ریشه گیاه می‌شود و به‌دنبال آن، نشانه‌های مختلف تنش شامل کاهش رشد اندام

هوایی، برگ آویختگی (اپی‌ناستی)^۱، پژمردگی، تغییرات عناصر غذایی و عناصر سنگین برگ، پیری زودرس برگ‌های بالغ و نیز کاهش جذب و انتقال یون‌های معدنی از طریق ریشه بروز می‌کند (Hocking *et al.*, 1987). گیاهان مقاوم به غرقاب در چنین شرایطی سازگاری‌های مختلفی را به‌منظور تحمل این شرایط به‌کار می‌گیرند. یکی از این سازگاری‌ها تولید ریشه‌های نابجا است (Kozłowski, 1997). پس از اینکه تحت شرایط غرقابی، سیستم ریشه‌ای اصلی گیاه در اثر کمبود اکسیژن از بین رفت، ریشه‌های نابجا روی ریشه‌های اصلی و قسمت‌هایی از ساقه که در آب غوطه‌ورند به‌وجود می‌آیند و موجب جذب آب، اکسیژن و مواد غذایی و در نتیجه حفظ زنده‌مانی نهال‌ها می‌شوند (Glenz *et al.*, 2006). منافذ هیپرتروفی^۲ یکی دیگر از سازگاری‌هایی است که در شرایط غرقابی در گیاهان مقاوم به غرقاب پدید می‌آید و موجب سهولت انجام تبادلات گازی، به‌ویژه اکسیژن و آزادسازی ترکیبات سمی از محیط اطراف ریشه می‌شود (Kozłowski, 1997).

در دنیا تحقیقات متعددی درباره تأثیر تنش غرقابی روی خاک انجام شده است. از جمله Gilliam *et al.* (1999) نشان دادند که غرقابی موجب کاهش غلظت نیتروژن و کلسیم خاک شد، درحالی‌که غلظت آهن و منگنز (Fe^{+3} و Mn^{+3} به ترتیب به Fe^{+2} و Mn^{+2} که حلالیت بیشتری دارند تبدیل شدند) افزایش یافت. همچنین یافته‌های Gilmore and Gale (1988) حاکی است که در خاک غرقاب‌شده در مقایسه با خاک خوب زهکشی شده، مقدار روی، منیزیم، پتاسیم و کلسیم کاهش یافت. همچنین یافته‌های Tremolieres *et al.* (1999) نشان داد که غرقابی سبب کاهش غلظت نیتروژن و پتاسیم خاک در رویشگاه‌های *Fraxinus excelsior* L. و *Ulmus minor* Mill. شد اما غلظت کلسیم و منیزیم تغییری نیافت. همچنین نتایج

¹ Epinasty

² Hypertrophy

در شیمی خاک و رویش گیاهان این مناطق به جا گذارد. تاکنون پژوهش خاصی در زمینه تغییرات مربوط به عناصر پرمصرف و کم مصرف خاک و گیاه در پاسخ به شرایط غرقابی در شرایط جنگلی شمال کشور به ویژه در رویشگاه‌های بلندمازو صورت نگرفته است. این پژوهش در نظر دارد به این سؤال‌ها پاسخ دهد: الف) شرایط غرقابی چه تأثیری بر غلظت‌های عناصر پر مصرف و کم مصرف خاک و برگ نهال‌های بلندمازو خواهد داشت؟ ب) آیا ارتباطی بین غلظت‌های عناصر خاک و برگ نهال‌ها پس از ایجاد شرایط غرقاب وجود دارد؟

مواد و روش‌ها

- آزمایش گلخانه‌ای

برای اجرای تحقیق، در اواخر اسفند ۱۳۸۹، تعداد ۴۸ اصله از بهترین و همسان‌ترین نهال‌ها (میانگین قطر $8/4 \pm 0/3$ میلی‌متر، ارتفاع $1/2 \pm 47$ سانتی‌متر) از نهالستان کلوده آمل تهیه شد. سپس نهال‌ها در گلدان‌های پلاستیکی (با ابعاد 24×23 سانتی‌متر) با خاک لومی - رسی - شنی تهیه‌شده از نهالستان (قبلاً بدون افزودن کود به هر دو واحد خاک یک واحد خاک برگ اضافه شد) با $pH 7/8$ و درصد آهک ۲۱، بازکاشت شده و در فضایی باز تا اواسط اردیبهشت ۱۳۹۰ آبیاری و وجین شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در تیمارهای غرقاب دائم، غرقاب دوره‌ای (تناوبی) و شاهد با ۴ تکرار ۴ تایی در یک بازه زمانی ۱۲۰ روزه (اواسط خرداد تا اواسط مهر ۱۳۹۰) انجام گرفت. برای اعمال سطوح غرقابی، حوضچه‌ای به ابعاد 8×9 متر و با دیواره جانبی بتنی و سطوح تحتانی پوشیده‌شده از پلاستیک نرم که دیواره جانبی را هم در بر می‌گرفت (بدون سازه بتنی) ایجاد شد. حوضچه ایجادشده به‌منظور تفکیک تیمارها به دو قسمت تقسیم شد و نهال‌های گلدانی تیمارهای غرقابی دائم و دوره‌ای (تناوبی) به‌طور جداگانه در داخل حوضچه مشخص قرار داده شدند. در غرقاب دائمی و تناوبی به اندازه ۷ سانتی‌متر بالای سطح

تحقیق (McKevlin et al. (1995) روی نهال‌های *Nyssa aquatica* L. نشان داد که غرقابی موجب افزایش غلظت آهن در خاک اطراف ریشه نهال‌ها در مقایسه با نهال‌های شاهد و غرقاب دوره‌ای (یک ماه غرقاب و سپس زهکشی کامل) شد. همچنین، غلظت نیتروژن خاک تحت شرایط غرقابی کاهش یافت. در پژوهشی دیگر (Hook and Shear (1987) نشان دادند که شرایط غرقابی سبب افزایش غلظت آهن خاک در نهال‌های *Pinus taeda* شد.

پژوهش‌های مرتبط با تأثیر تنش غرقابی بر نهال‌ها توسط (Chen et al. (2005) نشان داد که غرقابی پس از ۵۰ روز سبب کاهش غلظت نیتروژن، پتاسیم و روی در برگ نهال‌های *Lapidium latifolium* (ترتیزک برگ‌پهن) شد در حالی که غلظت منگنز و آهن به ترتیب هشت و دو برابر افزایش یافت. در این راستا، نتایج ساداتی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه نهال‌های سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) نیز نشان داد که غرقابی موجب کاهش عناصر غذایی برگ (نیتروژن و پتاسیم) نهال‌ها شد، در حالی که مقدار عناصر کم‌مصرف مانند آهن و منگنز در برگ افزایش یافت. در پژوهش‌های قنبری (۱۳۹۰) در مورد نهال‌های صنوبر دلتوئیدس و توسکای بیلاقی نیز آشکار شد که غرقابی موجب کاهش غلظت پتاسیم و افزایش غلظت آهن و منگنز برگ شد. در مورد تغییرات غلظت برگ، نتایج تحقیق (McKevlin et al. (1995) نشان داد که غرقابی سبب کاهش غلظت پتاسیم برگ و افزایش آهن شد. مطالعات (Hook and Shear (1987) درباره نهال *Pinus taeda* نشان داد که شرایط غرقابی موجب افزایش غلظت آهن شده است.

بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) یکی از گونه‌های با ارزش جنگلی شمال ایران است که گسترشگاه طبیعی آن در مناطق جنگلی پایین‌بند تا میان‌بند و در مناطقی تا بالابند است (ثابتی، ۱۳۸۱). رویشگاه این گونه در مناطق جلگه‌ای در مواقعی از سال به دلیل باران‌های بهاره و زمستانه در معرض شرایط ماندابی قرار می‌گیرد که ممکن است تغییراتی

- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS.17 و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار GraphPad Prism.5 انجام گرفت. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای بررسی همگنی واریانس از آزمون لون، برای تعیین سطح معنی‌داری از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح اطمینان ۵ درصد و برای تعیین ارتباط بین عناصر خاک و برگ از رگرسیون خطی استفاده شد.

نتایج

- عناصر خاک

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که شرایط غرقابی تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، آهن و منگنز در تیمارهای مختلف غرقابی داشت، درحالی‌که غلظت منیزیم، روی، کلسیم و کربن آلی تحت تأثیر شرایط غرقابی قرار نگرفت (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD نشان داد که غلظت کربن آلی، نیتروژن و پتاسیم قابل جذب خاک نهال‌ها در شرایط غرقاب کاهش یافت به طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به پتاسیم بود. غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در تیمار غرقابی دوره‌ای و غرقابی دائم به ترتیب ۱۶ و ۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین شرایط غرقابی دائم و غرقابی دوره‌ای وجود نداشت (شکل ۱). همچنین، بین غلظت‌های کلسیم، منیزیم قابل جذب و روی خاک در سطوح مختلف غرقابی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). غلظت آهن و منگنز در دسترس خاک هم تحت شرایط غرقابی دائم در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۴۲ و ۵۱ درصد افزایش یافت (شکل ۱).

خاک، غرقاب شد، با این تفاوت که برای اعمال غرقابی تناوبی به منظور زهکشی کامل هر دو هفته نهال‌ها از محیط غرقاب بیرون آورده شده و در حد ظرفیت زراعی نگهداری می‌شدند (Li *et al.*, 2005).

- اندازه‌گیری مشخصه‌های خاک و برگ

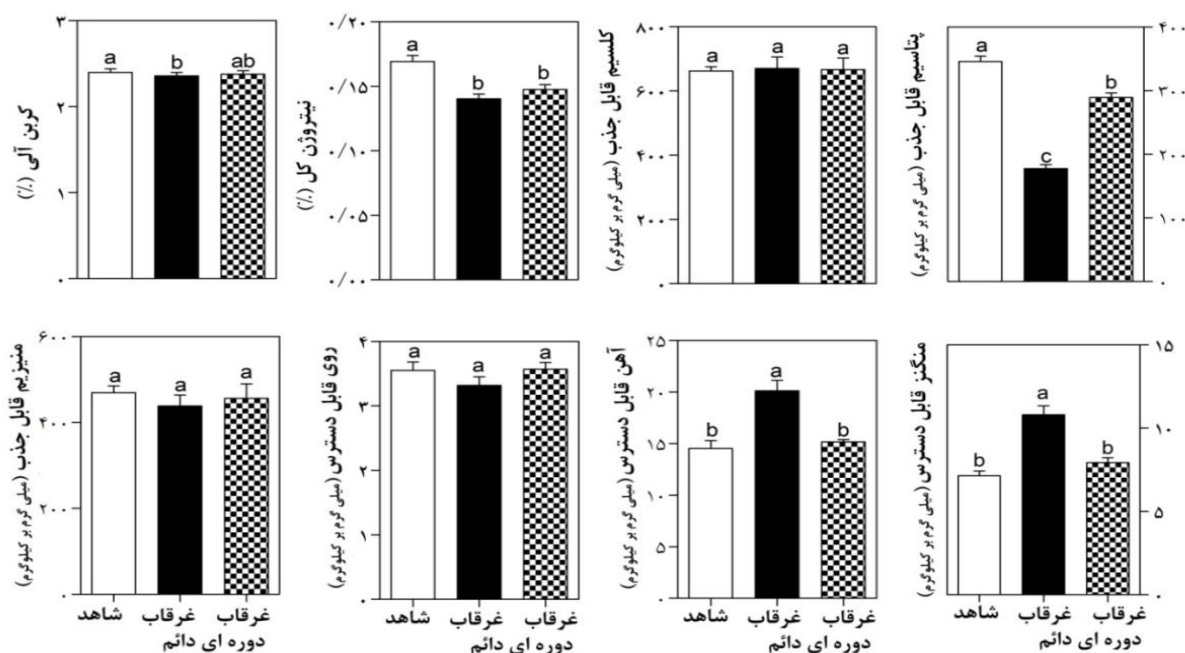
برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری بایکاس استفاده شد. برای این منظور پس از تعیین درصد ذرات مختلف خاک (رس، سیلت و شن)، از طریق نرم‌افزار تعیین بافت خاک (Texture Autolookup tal 4.2)، بافت خاک با دقت زیاد در آزمایشگاه خاک‌شناسی تعیین شد و برای تعیین اسیدیته خاک از دستگاه pH متر مدل ۹۰۱ با مخلوط خاک و آب مقطر به نسبت ۱ به ۲/۵ استفاده شد. برای اندازه‌گیری درصد آهک خاک از روش تیتراسیون استفاده شد (زرین‌کفش، ۱۳۷۲).

در پایان آزمایش، برای اندازه‌گیری عناصر برگ، نمونه‌های برگ از قسمت‌های بالایی نهال گرفته شد و پس از شست‌وشو به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۸ درجه سلسیوس در آن خشک شد (Bower *et al.*, 1952). غلظت آهن، منیزیم، منگنز، روی، پتاسیم و کلسیم کل برگ، پس از هضم به روش Bower *et al.* (1952) با استفاده از دستگاه طیف‌سنج اتمی (PU 9400, PHILIPS) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر خاک، از هر یک از تکرارها، خاک یکی از گلدان‌ها به دنبال خشک کردن، با استفاده از الک ۲ میلی‌متر غربال شد و پس از هضم، غلظت پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل جذب و غلظت روی، منگنز و آهن در دسترس با استفاده از طیف‌سنج اتمی اندازه‌گیری شد (Cappuyns and Swennen, 2009; Jones and Case, 1990). برای تعیین غلظت نیتروژن برگ و خاک از دستگاه کج‌دال (زرین‌کفش، ۱۳۷۲) و برای تعیین کربن آلی خاک از روش والکلی و بلسک استفاده شد (Yanai *et al.*, 2000; Xuluc-Tolosa *et al.*, 2003).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یکطرفه عناصر خاک در سطوح مختلف تیمار

F- value	MS	d.f.	SS	صفات
۱۰/۱۲**	۰/۰۰۲	۲	۰/۰۰۳	کربن آلی (درصد)
۱۳/۳۹**	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۲	نیترژن کل (درصد)
۰/۰۲ ns	۵۸/۱۲	۲	۱۱۶/۲۴	کلسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱۳۰/۹۷**	۲۹۳۵۹/۱۹۲	۲	۵۸۷۱۸/۳۸	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۳۶ ns	۹۷۲/۵۴	۲	۱۹۴۵/۱۱	منیزیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱/۳۴ ns	۰/۰۸۰	۲	۰/۱۶۱	روی قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱۶/۸۱**	۳۷/۵۳۹	۲	۷۵/۰۷۸	آهن قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)
۲۴/۷**	۱۴/۸۱۶	۲	۲۹/۶۳۲	منگنز قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)

** معنی داری در سطح ۰/۰۱؛ * معنی داری در سطح ۰/۰۵؛ ns: عدم تفاوت معنی دار



شکل ۱- میانگین عناصر خاک تحت شرایط غرقابی

(حروف لاتین نشان دهنده معنی داری بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD است).

عناصر برگ

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون LSD مؤید این است که غلظت عناصر نیترژن کل، کربن آلی، روی، کلسیم، پتاسیم و منیزیم کل در برگ نهال‌های بلندمازو در سطوح مختلف تیمار تحت تنش غرقابی به‌طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۲ و شکل ۲). در مورد غلظت‌های درصد کربن آلی و

منیزیم بین تیمار غرقابی تناوبی و غرقابی دائم تفاوت معنی داری وجود نداشت. تیمار غرقابی دائم دارای کمترین مقدار غلظت نیترژن، کلسیم و پتاسیم بود و به ترتیب ۳۳، ۵۳ و ۵۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. غلظت روی در غرقابی دائم در کمترین حد بود و در سطوح شاهد و غرقابی تناوبی تفاوت معنی داری نداشت. غلظت آهن کل، در نهال‌های

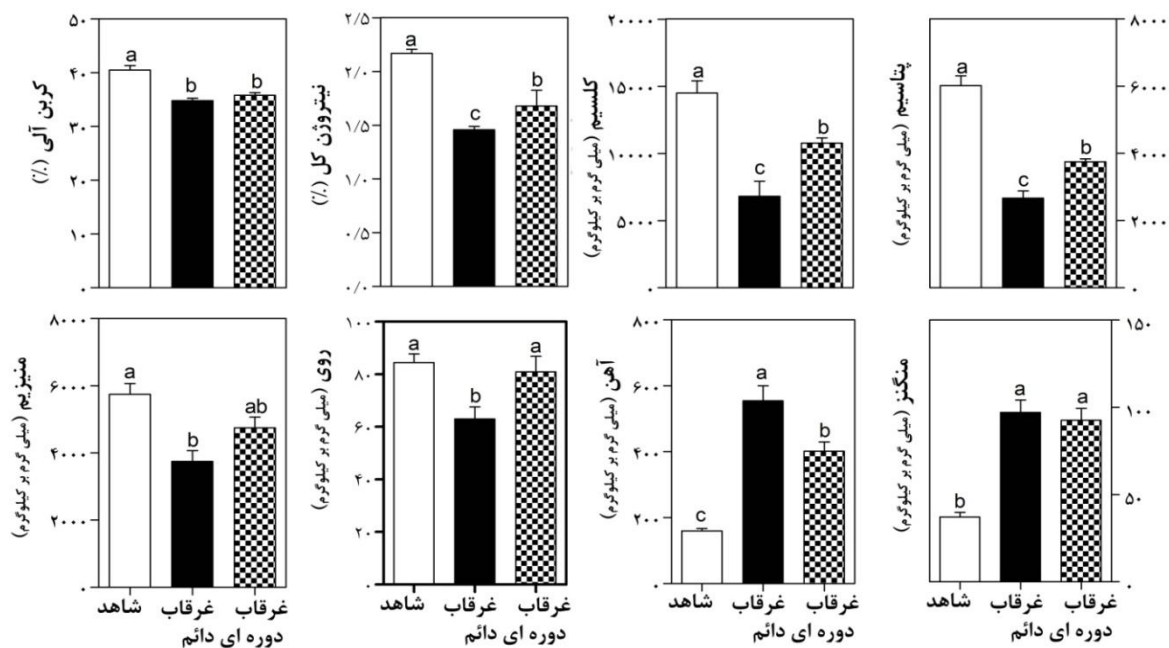
کم مصرف خاک و برگ نهال‌های بلندمازو را نشان می‌دهد. طوری که غلظت روی و پتاسیم خاک با آنها در برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار، و غلظت کربن، نیتروژن، منگنز و آهن خاک با آنها در برگ همبستگی مثبت ولی ضعیف وجود دارد. این درحالی است که غلظت کلسیم و منیزیم خاک با آنها در برگ همبستگی معنی‌دار وجود ندارد.

غرقابی دائم و غرقابی دوره‌ای به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ برابر تیمار شاهد افزایش داشت. همچنین مقدار منگنز کل، در برگ نهال‌های غرقابی دائم و غرقابی تناوبی بیشتر از برگ نهال‌های شاهد بود، اما تفاوت معنی‌داری از آن در دو تیمار غرقابی دیده نشد (شکل ۲).
شکل‌های ۳ و ۴ ارتباط عناصر غذایی پرمصرف و

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس یکطرفه عناصر برگ در سطوح مختلف تیمار

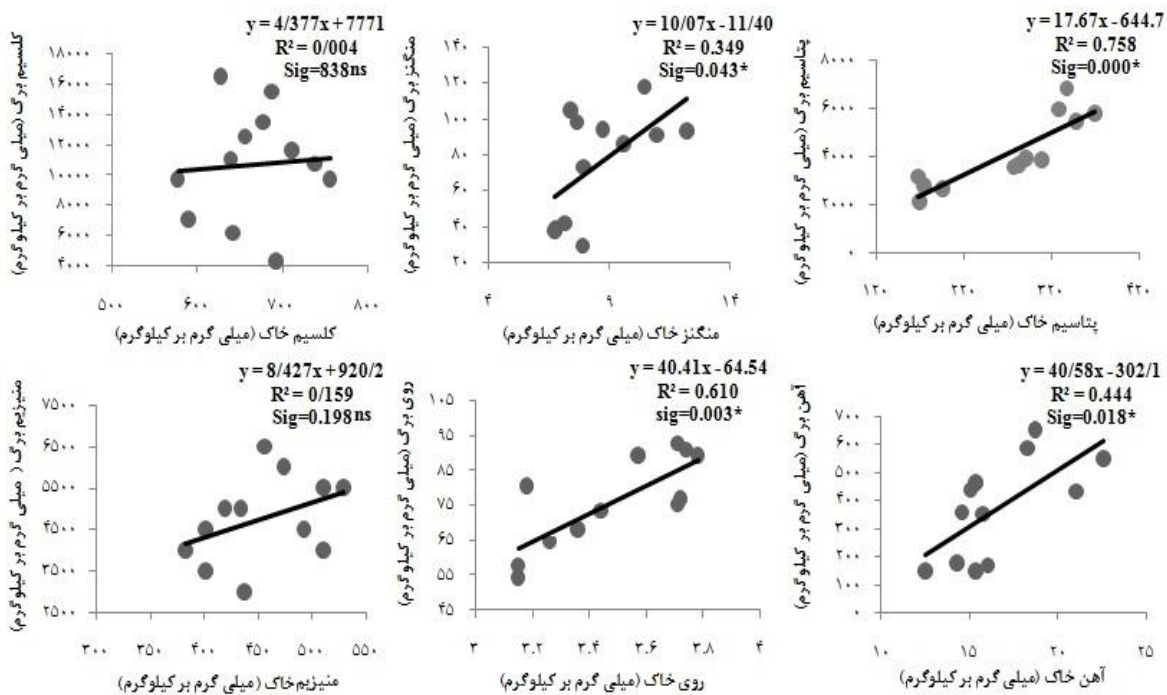
صفات	SS	df	MS	F- value
کربن آلی (درصد)	۷۴/۷۲۳	۲	۳۷/۳۶۱	۲۳/۸۴**
نیتروژن کل (درصد)	۱/۰۶۱	۲	۰/۵۳۰	۱۶/۷۷**
کلسیم کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۱۸۱۵۵۴۰۰/۰۰	۲	۵۹۰۷۷۷۰۰/۰۰	۱۹/۵۳**
پتاسیم کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۳۳۳۵۲۷۸/۲۴۰	۲	۱۱۶۶۷۶۳۹/۱۲۰	۶۱/۸۸**
منیزیم کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۸۰۰۰۰۰/۰۰	۲	۴۰۰۰۰۰/۰۰	۹/۶**
روی کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۰۵۸/۰۹۴	۲	۵۲۹/۰۴۷	۵/۸۱*
آهن کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۱۷۰۸۵/۱۶۷	۲	۱۵۸۵۴۲/۵۸۳	۴۰/۲۹**
منگنز کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۸۸۹۵/۵۴۲	۲	۴۴۴۷/۷۷۱	۳۱/۵۴**

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، ns عدم تفاوت معنی‌دار

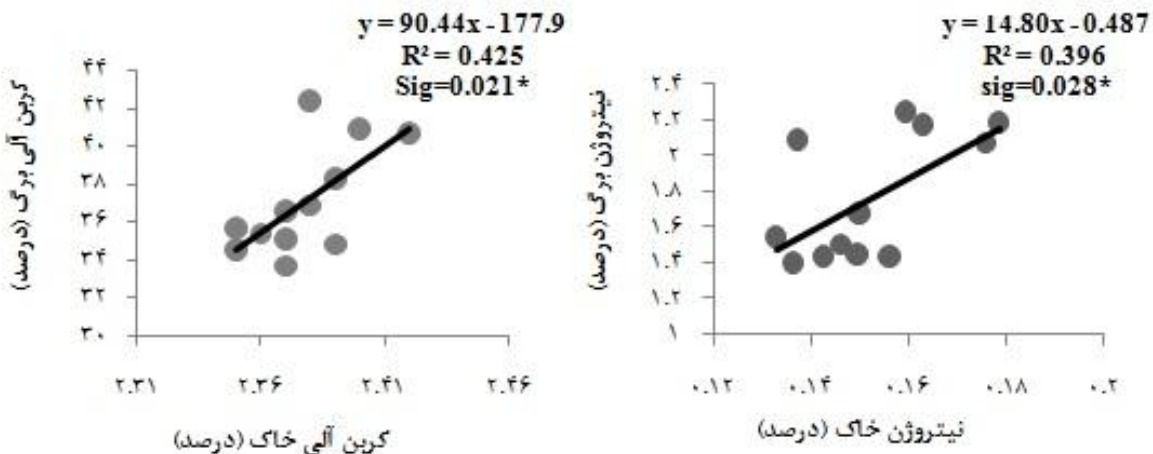


شکل ۲- میانگین عناصر برگ تحت شرایط غرقابی

(حروف غیرمشترک لاتین نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD است)



شکل ۳- ارتباط عناصر خاک و برگ نهال‌های بلندمازو تحت تنش غرقابی



شکل ۴- ارتباط کربن آلی و نیتروژن خاک و برگ نهال‌های بلندمازو تحت تنش غرقابی

بحث

متابولیسم ریشه و تعرق ریشه اتفاق می‌افتد (Kozłowski, 1997). در این تحقیق نهال‌های بلندمازو پس از چهار ماه تحمل شرایط ماندابی با کاهش غلظت نیتروژن، کربن آلی و پتاسیم و افزایش غلظت آهن و منگنز خاک مواجه شدند. این در حالی است که غلظت روی، کلسیم و منیزیم خاک تغییری نیافت. به‌طور مشابه، در تحقیقات Gilliam *et al.* (1999) مشخص

شرایط غرقابی اثر نامطلوبی بر وضعیت شیمی خاک ایجاد می‌کند که به‌صورت کاهش جذب آب و عناصر تغذیه‌ای از طریق ریشه در گیاه نمایان می‌شود (Kozłowski, 1997). این کاهش جذب عناصر پرمصرف (NK) و دیگر عناصر تغذیه‌ای احتمالاً در اثر تخریب و نابودی ریشه، از دست رفتن میکوریزها، کاهش

این فرآیند، بخشی از نیتروژن خاک به صورت گاز از محیط خاک و از دسترس گیاه خارج می شود و در نتیجه، انتقال آن به اندام هوایی گیاه کاهش می یابد و علائم آن به صورت تغییر رنگ برگ های مسن گیاه به سبز روشن تا زرد کامل نمایان می شود. همچنین، این کاهش مقدار نیتروژن موجب کاهش رشد کلی گیاه، ریزش زودرس برگ ها و غیرفعال شدن جوانه های جانبی می شود (حسن زاده قورت تپه و قیاسی، ۱۳۸۷).

نیتروژن در ساختمان نوکلئوتیدها، اسیدهای آمینه و کلروفیل وجود دارد و از این رو در ایجاد پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک دخالت دارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). کاهش مقدار نیتروژن خاک در اثر شرایط غرقابی، کاهش محتوای پروتئین برگ را سبب می شود که از دلایل آن می توان به تخریب پروتئین ها در طول دوره تنش اشاره کرد. یکی از پروتئین هایی که فعالیتش در طول جریان تنش کاهش می یابد، آنزیم روبیسکو است (Schluter and Crawford, 2001) به طوری که ۷۹ درصد کاهش در پروتئین محلول برگ، مربوط به کاهش مقدار روبیسکو است (Schluter and Crawford, 2001).

رادیکال های آزاد اکسیژن، موجب تخریب اکسیداتیو پروتئین ها می شوند. این تخریب در جایگاه خاصی از آمینواسیدها در پروتئین ها رخ می دهد و این تغییرات در نهایت سبب می شود گیاه از روند طبیعی رشد خارج شده و نشانه های کمبود از قبیل زرد شدن برگ های پیر و به دنبال آن توقف رشد گیاه حادث شود (Banga et al., 1996). همانند نتایج این تحقیق (Dreyer et al., 1991) در مورد نهال های گونه های مختلف جنس *Quercus* دریافتند که غرقابی تأثیر معنی داری بر جذب عناصر غذایی نهال ها نداشته است. جذب پتاسیم، روی و منیزیم، تحت تنش غرقابی در نهال های *Quercus nuttallii* و *Quercus falcata* کاهش جذب منگنز در اندام های هوایی آنها افزایش یافت. همچنین، (Hook et al., 1987) پی بردند که غرقابی موجب

شد که غرقابی سبب کاهش غلظت نیتروژن و پتاسیم و افزایش غلظت آهن و منگنز خاک شده است. البته، (Gilmoure and Gale, 1988) در پژوهش های خود دریافتند که غرقابی تأثیر اندکی در کاهش غلظت نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، روی، منیزیم و مس داشته است. در پژوهشی دیگر (Good and Patrick, 1987) نشان دادند که مقدار آهن و منگنز در خاک اطراف ریشه درختان *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. و *Quercus nigra* L. تحت شرایط غرقابی بسیار زیاد بود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

فرایندهای فیزیولوژیک در وضعیت کمبود کامل اکسیژن موجب می شود که تنفس به صورت بی هوازی درآید. در چنین وضعیتی اکسیداسیون نهایی تنفس انجام نمی گیرد که به تجمع استالوئید و اتانول، و افزایش تولید اسید آبسزیک (Glenz et al., 2006) و اتیلن و اغلب ریزش برگ ها و گل ها منجر می شود (حسن زاده قورت تپه و قیاسی، ۱۳۸۷). همچنین، در این وضعیت، قابلیت تراوایی^۱ و هدایت هیدرولیکی^۲ ریشه و به دنبال آن مقدار هدایت روزنه ای گیاه کاهش می یابد. در واقع، غرقابی سبب افزایش تولید آبسزیک اسید و انتقال آن به برگ ها، بسته شدن روزنه ها، محدود شدن نرخ فتوسنتز و تعرق و همچنین ریزش برگ ها و کاهش رشد گیاه می شود (Mielke et al., 2003). بسته شدن روزنه ها واکنش های فیزیولوژیکی در گیاه ایجاد می کند و سبب کاهش جذب عناصر غذایی می شود و کمبود آن را در گیاه القا می کند که به نظر می رسد کاهش جذب عناصر غذایی در این تحقیق به همین علت بوده باشد (حسن زاده قورت تپه و قیاسی، ۱۳۸۷). در تحقیق پیش رو، غلظت نیتروژن در شرایط غرقاب کاهش یافت که به دنبال آن برگ ها تغییر رنگ یافتند و شروع به ریزش کردند که به نظر می رسد یکی از عوامل این اتفاق، پدیده نترات زدایی باشد. به دنبال

¹ Permeability potential

² Hydraulic conductivity

درباره تغییرات عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ و خاک گونه‌های مختلف به‌منظور شناخت گونه‌هایی که می‌توانند چنین شرایطی را تحمل کنند و پاسخ مناسبی بدهند، بسیار اهمیت دارد که در این پژوهش به آن اشاره شده است. پیشنهاد می‌شود مدیران پروژه‌های احیا و حفاظت زیستی در تقویم کاری خود به این مهم توجه جدی مبذول داشته باشند.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری و مساعدت آقایان دکتر یحیی کوچ و مهندس حامد کویلی و سرکار خانم منظر حق دوست که در مراحل مختلف این تحقیق نگارندگان را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- ثابتی، حبیب‌الله، ۱۳۸۱. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۲ ص.
- حسن‌زاده قورت‌تپه، عبدالله و مهدی قیاسی، ۱۳۸۷. تنش غرقابی و آثار آن بر اکوفیزیولوژی گیاهان، جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، ارومیه، ۱۱۳ ص.
- زرین‌کفش، منوچهر، ۱۳۷۲. خاک‌شناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۸ ص.
- ساداتی، سید احسان و مسعود طبری، ۱۳۹۰. تاثیر شرایط غرقابی روی عناصر غذایی نهال سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) در دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، ۱-۶.
- قنبری، احسان، ۱۳۹۰. تاثیر تنش غرقابی روی خاک و مورفولوژی نهال‌های توسکا بیلاقی، صنوبر دلتوئیدس و دارتالاب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۶ ص.
- کافی، محمد، اعظم برزویی، معصومه صالحی، علی کمندی، علی معصومی و جعفر نباتی، ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۰۲ ص.

کاهش غلظت نیتروژن، روی، پتاسیم، منیزیم و کلسیم و افزایش غلظت منگنز در نهال‌های چهار ماهه *Pinus taeda* L. شد که در راستای نتایج این پژوهش است.

همانند یافته‌های ما، در تحقیق (Alam (1999) غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در گونه‌های تحت تنش غرقابی *Citrus sinensis* L.، *Liquidambar styraciflua* L.، *Celtis laevigata* *Festuca arundinacea* به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج این پژوهش بیان می‌کند که غرقابی سبب کاهش غلظت عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، کربن آلی و پتاسیم) در خاک شده، اما غلظت کلسیم و منیزیم تغییر چندانی در خاک نداشته است. این در حالی است که غلظت آهن و منگنز تحت شرایط غرقابی به‌شدت افزایش یافت ولی غلظت روی تغییر چندانی در خاک نکرد.

همچنین، غلظت عناصر غذایی برگ (نیتروژن، کربن آلی، پتاسیم، کلسیم، روی و منیزیم) در شرایط غرقابی به‌شدت کاهش یافت در حالی که غلظت آهن و منگنز در برگ نهال‌های بلندمازو فزونی گرفت. در واقع، عامل اصلی تعیین‌کننده غلظت عناصر گیاه، محتوای عناصر موجود در خاک است (Rattan et al., 2005). نتایج یافته‌های (Singh and Bhati (2005) Gasco and Lobo (2007) و Rattan et al. (2005) نشان داد که بین غلظت اغلب عناصر موجود در خاک با عناصر برگ، همبستگی مثبت و ضعیفی وجود دارد. همچنین در راستای نتایج این تحقیق، Wang and Klinka (1997) گزارش کردند که بین مقدار نیتروژن و پتاسیم برگ در توده‌های طبیعی *Picea glauca* با مقدار این عناصر در خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

به‌طور کلی، حفظ تنوع زیستی و مدیریت مناطق جلگه‌ای و کنار رودخانه‌ای که همواره در معرض شرایط غرقابی قرار می‌گیرند بسیار مهم است. از این‌رو برای حصول این مهم، داشتن دانش کافی

- Alam, S.M., 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. (In *plant and crop stress.*, eds M. Pessarakli), CRC Press, 285-313.
- Banga, M., E.J. Slaa., C.W. Blom and L.A. voesenek, 1996. Ethylene biosynthesis and Accumulation under drained and submerged condition (A comparative study of two *Rumex* species), *Plant physiology*, 112(1): 229-237.
- Bohnert, H.J., D.E. Nelson and R.G. Jensen, 1995. Adaptation to environmental stresses, *Plant Cell*, 7(7): 1099-1111.
- Bower, C.A., R.F. Reitemeier and M. Fireman, 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils, *Soil Science*, 73(4): 251-261.
- Cappuyns, V. and R. Swennen, 2009. Oxidation of anoxic soils and sediments: how can we evaluate the risk of heavy metal release? (In *River sediments*, eds G. Ramsey and S. McHugh), New York: Nova Science Publishers, 77-101.
- Chen, H., R.G. Qualls and R.R. Blank, 2005. Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*, *Aquatic Botany*, 82(4): 250-268.
- Crawford, R.M.M. and D.M. Finegan, 1989. Removal of ethanol from lodge pole pine roots, *Tree Physiology*, 5(1): 53-61.
- Dreyer, E., M. Colin-Belgrand and P. Biron, 1991. Photosynthesis and shoot water status of seedlings from different oak species submitted to waterlogging, *Annals of Forest Science*, 48(2): 205-214.
- Gasco, G. and M.C. Lobo, 2007. Composition of Spanish waste water sludge and effects on treated soil and olive trees, *Waste Manage*, 27(11): 1494-1500.
- Gilliam, F.S., J.D. May., M.A. Fisher and D.K. Evans, 1999. Short-term changes in soil nutrients during wetland creation, *Wetlands Ecology and Management*, 6(4): 203-208.
- Gilmour, J.T. and P.M. Gale, 1988. Chemistry of metals and trace elements in a submerged soil. (In *The Ecology and management of Wetlands.*, eds D. D. Hook and W. H. Mckee), Springer US, pp. 279-292.
- Glenz, C., R. Schlaepfer., I. Iorgulescu and F. Kienast, 2006. Flooding tolerance of Central European tree and shrub species, *Forest Ecology and Management*, 235(1-3): 1-13.
- Good, B.J. and W.H. Patrick, 1987. Gas composition and respiration of water oak (*Quercus nigra* L.) and green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) roots after prolonged flooding, *Plant and Soil*, 97(3): 419-432.
- Higa, M., T. Moriyama and S. Ishikawa, 2011. Effects of complete submergence on seedling growth and survival of five riparian tree species in the warm-temperate regions of Japan, *Journal of Forest Research*, 17(2):129-136.
- Hocking, P.J., D.C. Reicosky and W.S. Meyer, 1987. Effects of intermittent waterlogging on the mineral nutrition of cotton, *Plant and Soil*, 101(2): 211-221.
- Hook, D.D. and T. Shear, 1987. The nature of waterlogging tolerance of loblolly pine. (In *Plant Physiology and Biochemistry*), Proceedings of the 19th Southern Forest Tree Improvement and Genetics Conference, pp. 51-57.
- Jones, J.B. and V.W. Case, 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. (In *Soil Testing and Plant Analysis.*, eds R.L. Westerman), Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America Inc, 389-427.
- Kozłowski, T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity, *Tree Physiology Monograph*, 1(1): 1-12.
- Li, S., L.T. Martin., S.R. Pezeshki and F.D. Jr Shields, 2005. Responses of black willow (*Salix nigra*) cuttings to simulated herbivory and flooding, *Acta Oecologica*, 28(2): 173-180.
- McKevlin, M.R., D.D. Hook and W.H. Jr McKee, 1995. Growth and nutrient use efficiency of water tupelo seedlings in flooded and well-drained soil, *Tree Physiology*, 15(11): 753-758.
- Mielke, M.S., A.A.F. Almeida., F.P. Gomes., M.A.G. Aguilar and P.A.O. Mangabeira, 2003. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of *Genipa americana* seedlings to soil flooding, *Environmental and Experimental Botany*, 50(3): 221-231.

- Rattan, R.K., S.P. Datta., P.K. Chhonkar., K. Suribabu and A.K. Singh, 2005. Long-term impact of irrigation with waste water effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study, *Agriculture Ecosystem Environment*, 109(3-4): 310-322.
- Schluter, U. and R.M.M. Crawford, 2001. Long-term anoxia tolerance in leaves of *Acorus calamus* L. and *Iris pseudacorus*, *Journal of Experimental Botany*, 52(364): 2213-2225.
- Singh, G. and M. Bhati, 2005. Growth *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and part chemistry, *Bioresource Technology*, 96(9): 1019-1028.
- Tremolieres, M., A. Schnitzler., J.M. Sanchez-Perez and D. Schmitt, 1999. Changes in foliar nutrient content and resorption in *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus minor* Mill. and *Clematis vitalba* L. after prevention of floods, *Annals of Forest Science*, 56(8): 641-650.
- Visser, E.J.W., L.A. Voeselek., B.B. Vartapetation and M.B. Jackson, 2003. Flooding and Plant Growth, *Annals of Botany*, 91(2): 107-109.
- Wang, J.R. and K. Klinka, 1997. White spruce foliar nutrient concentration in relation to tree growth and soil nutrient amounts, *Forest Ecology and Management*, 98(1): 89-99.
- Wilkinson, R.E., 2000. Plant Environment Interactions, Marcel Dekker Inc., New York, 456 pp.
- Xuluc-Tolosa, F.J., H.F.M. Vester., N. Ramirez-Marcial., J. Castellanos-Albores and D. Lawrence, 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico, *Forest Ecology and Management*, 174(1-3): 401-412.
- Yanai, R.D., M.A. Arthur., T.G. Siccama and C.A. Federer, 2000. Challenges of measuring forest floor organic matter dynamics: Repeated measures from a chronosequence, *Forest Ecology and Management*, 138(1-3): 273-283.

Changes of macro and micro elements concentration in shoots and soil of *Quercus castaneifolia* seedling grown in flooding conditions

G.A. Parad¹, M. Tabari Kouchaksaraei^{2*}, and S. E. Sadati³

¹M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran

²Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran

³Research Center of Agriculture and Natural Resources of Mazandaran, I.R. Iran

(Received: 17 September 2012, Accepted: 3 November 2013)

Abstract

The aim of this study was to investigate the variation in concentration of macro- and micro-nutrients in soil and shoots of *Quercus castaneifolia* seedlings growing in flooded and non-flooded conditions. For this purpose, one-year old seedlings of this species were subjected for 120 days to three different conditions: (i) well-drained control (ii) permanent flooding and (iii) periodic flooding in an experiment as a completely randomized design. The results showed that flooding reduced the ratio of Organic carbon, Total Nitrogen and available Potassium in the soil. Potassium concentration in permanent flooding was reduced to 49% in comparison to control treatment. Also, in the permanent flooding, availability of Fe and Mn increased to 42% and 51% with respect to controls, respectively. Under flooding conditions, nutrient accumulation decreased in leaves of stressed seedlings. In addition, the reduction in N, Ca and Mg in permanently flooded seedlings was greater than those in seedlings growing under periodic flooding. The Zn concentration in leaves diminished as a result of the permanent flooding. In both flooding regimes, Mn concentration in leaves with respect to controls increased 2.5 times, whereas Fe concentration increased 2.5 and 3.5 times, respectively. There was found a positive significant correlation between most of nutrient concentrations of soil and leaf. In conclusion, macro-nutrients in soil and shoot of seedlings under flooding stress were reduced whereas micro-nutrients increased. Taking into account that some macro-nutrient concentrations in soil and leaf of seedlings grown in periodic flooding were greater than those in permanent flooding, it is concluded that for growth of *Q. castaneifolia* seedlings, periodic flooding is more favorable environment than permanent flooding.

Keywords: Micro elemental nutrients, Nutrient accumulation, Periodic flooding, Permanent flooding, *Quercus castaneifolia*

* Corresponding author:

Tel: 09112246250

E-mail: mtabari@modares.ac.ir